



2020  
**Micro LED**  
**显示技术及应用白皮书**

Micro LED  
display technique  
And application white paper

# 目 录

<b>1. 显示行业发展概述</b> .....	<b>01</b>
1.1 显示技术的发展现状 .....	01
1.1.1 投影显示技术 .....	02
1.1.2 液晶显示技术 .....	05
1.1.3 LED 显示技术 .....	07
1.1.4 OLED 显示技术 .....	08
1.1.5 新一代显示技术：Micro LED 显示技术 .....	10
1.2 LED 显示产业链构成 .....	11
1.3 LED 显示产业能力全球分布 .....	12
1.3.1 LED 显示屏市场规模（2018-2025） .....	12
1.3.2 LED 显示屏全球市占率 .....	12
1.3.3 全球 Micro LED 显示产业发展状况 .....	13
<b>2. Micro LED 技术对显示行业的价值与意义</b> .....	<b>15</b>
2.1 Micro LED 显示技术的基本情况 .....	15
2.1.1 Micro LED 显示技术的发展进程 .....	15
2.1.2 定义 Micro LED .....	16
2.1.3 Mini LED 背光与 Micro LED 自发光技术 .....	17
2.2 Micro LED 显示技术与传统显示技术的差异化分析 .....	20
2.3 Micro LED 显示技术对显示产业发展的推动作用 .....	21
2.4 Micro LED 显示技术的困难与挑战 .....	22
2.4.1 芯片技术 .....	22
2.4.2 巨量转移技术 .....	23
2.4.3 驱动 IC 技术 .....	28
2.4.4 检测维修 .....	28

### 3. 全球显示技术的推动者——利亚德 ..... 29

3.1 我国新型显示产业的发展现状 .....	29
3.2 我国新型显示产业的发展面临的问题与挑战 .....	30
3.2.1 关键材料与核心设备面临“卡脖子”风险 .....	30
3.2.2 核心技术自主创新能力亟待进一步增强 .....	30
3.2.3 产业生态体系不健全导致产能结构性过剩 .....	30
3.3 利亚德三次技术创新推动全球显示产业持续发展 .....	31
3.3.1 第一次技术创新：蓝光诞生，开启 LED 显示屏全彩时代 .....	31
3.3.2 第二次技术创新：小间距破晓而出，中国品牌主宰的 LED 显示屏产业 .....	32
3.3.3 第三次技术创新：激活产业，全面推进 Micro LED 产业化进程 .....	33
3.4 利亚德推动 LED 显示产业进入 MicroLED 时代 .....	34
3.4.1 利亚德 Micro LED 显示技术开发背景 .....	34
3.4.2 利亚德 Micro LED 显示技术和产品优势 .....	35
3.4.3 利亚德 Micro LED 显示专利成果及核心技术 .....	36
3.4.4 利亚德 Micro LED 供应链优势 .....	38
3.4.5 利亚德推动 Micro LED 产业化进程 .....	40

### 4. MicroLED 显示技术的应用场景探索 ..... 41

4.1 Mini /Micro LED 背光应用 .....	42
4.1.1 多元化背光应用前景广阔 .....	42
4.1.2 Mini LED 背光已开始具备市场竞争力 .....	44
4.2 Micro LED 自发光应用 .....	47
4.2.1 大尺寸商用显示 .....	48
4.2.2 VR/AR 显示商用 .....	49
4.2.3 家用电视 .....	50

### 5. Micro LED 显示的发展趋势 ..... 51

5.1 Micro LED 显示的机会 .....	51
5.2 Micro LED 显示的技术趋势 .....	52
5.2.1 LED 外延和芯片 .....	52
5.2.2 玻璃基 Micro LED 显示 .....	52
5.2.3 量子点 Micro LED 显示 .....	52

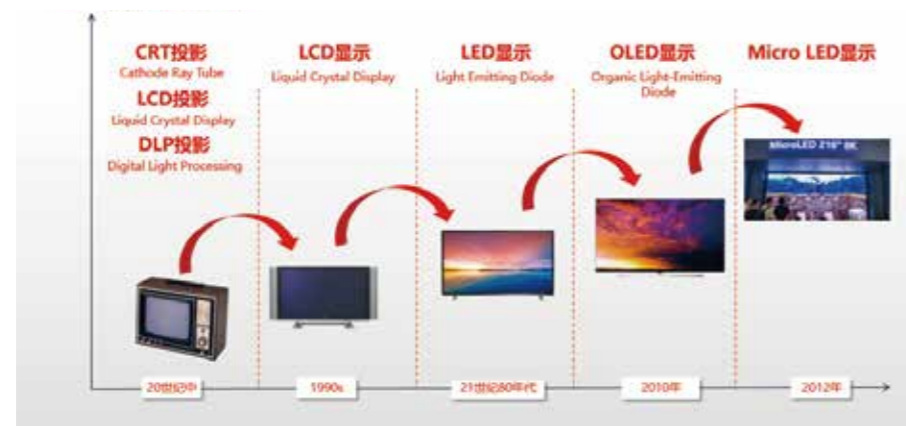
# 一. 显示行业发展概述

## 1.1 显示技术的发展现状

由于显示产品价格下降趋势不可避免，企业必须通过技术价值创造驱动不断提升产品性能、成本力和产线效能，从而确保企业稳定盈利，实现良性循环和可持续发展。这一产业规律是引发技术变迁的源动力，而技术变迁则是行业壁垒的重构。

从历史看，显示技术代替印刷技术成为知识、信息传播的主要途径，已有 100 多年的历史。尤其是近年来，随着通信技术的迅速发展以及人们对显示设备的色彩追求和显示实用性的追求，迫使着显示设备向多功能和数字化方向发展。具体来说，现代显示器件正向高密度、高分辨率、节能化、高亮度、彩色化、大屏幕的方向发展。

目前，市场上的主流显示技术主要有以下几大类。



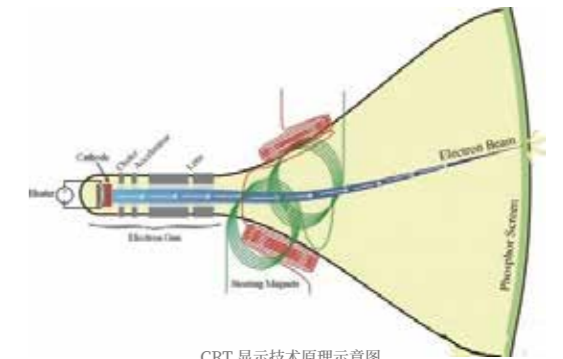
显示技术 / 产品发展概况

### 1.1.1 投影显示技术

#### 投影机始祖——CRT

20 世纪 50 年代，人们开始使用 CRT（Cathode Ray Tube，阴极射线管）技术探索显示领域。1989 年第一台 LCD 投影机面世，结束了投影机市场上只有 CRT 一种技术的局面。1994 年，家用投影市场萌芽，CRT 投影机相对于当时的 LCD 投影机技术更成熟，因此开始进入高端家庭影院。

但受限于工作原理，CRT 投影机的亮度很低，而且体积和重量巨大，成为制约 CRT 显示发展的致命缺陷；同时 CRT 技术在清晰度、功耗、辐射等方面性能较差。



CRT 显示技术原理示意图  
(资料来源: Cniti, 长江证券研究所)

1996 年 3LCD 技术推出、第一款 DLP 投影机横空出世，CRT 投影技术便开始走下坡路，并迅速淡出人们的视线。

作为历史最悠久且应用广泛的电子显示技术，CRT 的问世引发了电视广播新媒体的诞生，彩色显像管的出现，宣告电视进入彩电时代。Trinitron 显像管的问世，铸就了索尼的王者时代。经历一个世纪辉煌的 CRT 最终败给 LCD 而退出历史舞台，充分说明大尺寸和平板化显示的行业趋势不可抗拒。

表 1: CRT 之后又诞生了多种显示技术加速行业发展

显示原理	显示技术	说明
自发光 (Emissive Display)	CRT (Cathode Ray Tube)	阴极射线管，最初的显示技术，被 LCD 淘汰
	PDP (Plasma Display Panel)	等离子平板显示，早期平板显示技术，被 LCD 淘汰
	ELD (Electroluminescent Display)	电致发光显示，OLED 是典型的 ELD 显示
	VFD (Vacuum Fluorescent Display)	真空荧光显示，因无法显示色彩被 LCD 淘汰
	LED (Light Emitting Diode)	发光二极管，目前作为照明和光源被广泛使用
非自发光 (Non-Emissive Display)	LCD (Liquid Crystal Display)	液晶显示，使用广泛，也是目前最成熟的显示技术
	ECD (Electrochromic Display)	电致变色显示，未来可能实现透明显示器
	EPID (Electrophoretic Image Display)	电泳图像显示，一种低成本、低功耗标记技术
	TBD (Twisting Ball Display)	扭球显示，EPID 显示的变种
	SPD (Suspended Particle Display)	悬浮颗粒显示，未来可能实现透明显示器

资料来源: Samsung, 长江证券研究所

## 独步市场十年——LCD 投影

1968 年美国 RCA 公司科学家 G.H.Heilmeier 根据动态散射效应，将液晶做成显示屏（LiquidCrystalDisplay, LCD），形成 LCD 产业的雏形。

最早将 LCD 技术应用到投影设备的是爱普生，该技术是利用液晶在电极的作用下发生排列变化，使透过 LCD 芯片的光源通过镜头投射出图像。诞生于 1989 年的爱普生 VJP-2000，便是全球第一台 LCD 投影机。

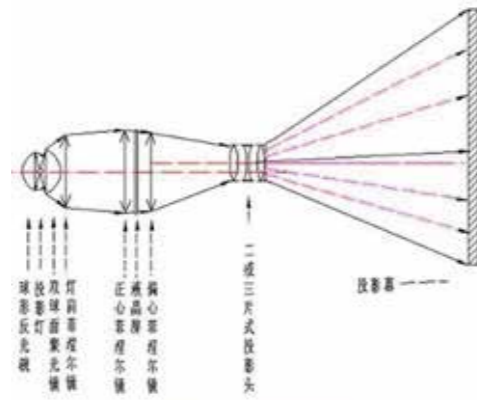
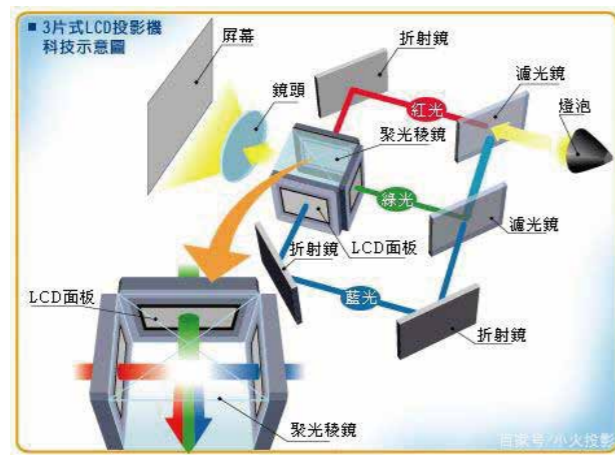


图:LCD投影技术 图片来源:中国投影网

尽管作为当时的最新技术，LCD 投影机还是基于单片结构（内部安装一块液晶板）而存在性能和色彩方面的缺憾，开口率和分辨率都极低。直到 1995 年单片 LCD 投影机才正式投入市场，紧接着 1996 年又推出了 3LCD 技术，在稳定性和色彩表现方面有了突破。

3LCD 被称为三片式 LCD，是用红绿蓝三块液晶板分别作为红绿蓝三色光的控制层。光源发射出来的白色光经过镜头组汇聚到达分光镜，红绿蓝三色光被分离出来，分别投射到独立的液晶板上，液晶板上相应的像素接收到来自信号源电子信号，呈现为不同的透明度，以每个像素不同的透明度，生成了图像。三种单色的图像在棱镜中会聚，由投影镜头投射到投影幕上形成一幅全彩色图像。

目前，市场上三片板投影机是 LCD 投影机的主要机种。



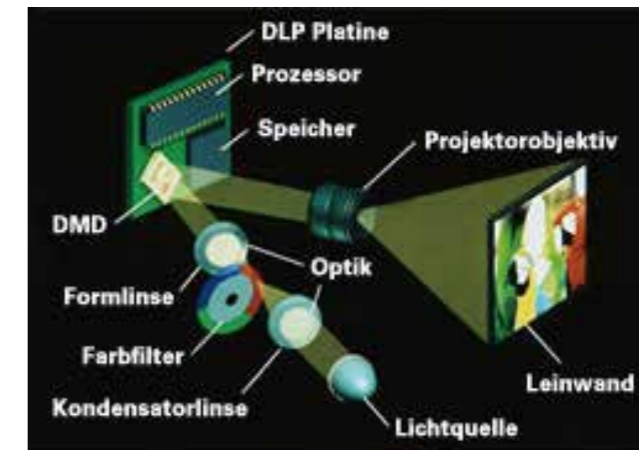
3片式LCD投影机科技示意图

## 目前工程市场主流——DLP

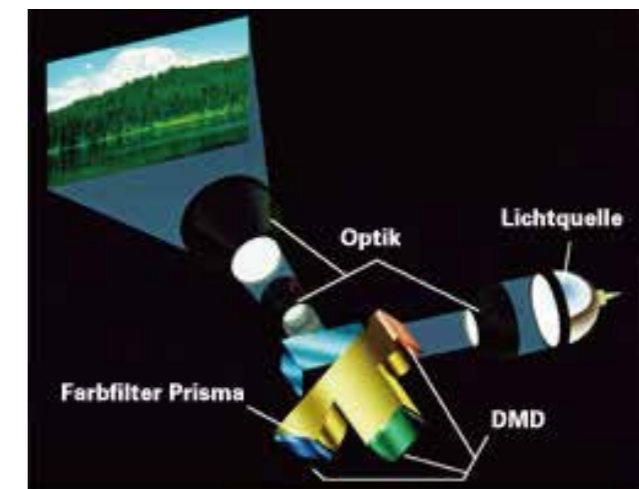
1987 年，德州仪器公司 LarryHornbeck 博士研发出第一块数字显微镜装置 (DigitalMicromirrorDevice, DMD)，到 1996 年，数字光学处理 (DigitalLightProcessing, DLP) 技术正式商品化走向投影显示市场，第一款 DLP 投影机面世，仅比 LCD 投影机晚了 7 年。

DLP(Digital Light Processing) 指德州仪器 (TI) 专有的数字光处理技术。它和 LCD 的原理大为不同，不是通过光线透过 LCD 面板的成像方式。DLP 投影机内部的 DMD 芯片是一种由成千上万微小的表面的反光镜组成硅晶片，其中每个“镜子”代表一个像素（我们也可以叫它 Panel）。在实际的应用中 DLP 有三种内部结构作为成像的基础。

DLP 技术的核心是由数以万计被微型链链接固定的镜片所组成的数字显微镜系统，这些镜片沿光源前后倾斜，反射出或亮或暗的灰色阴影，经过色轮过滤后投射出彩色图像。



VS



DLP技术VS 3DLP技术 (资料来源:中国投影网)

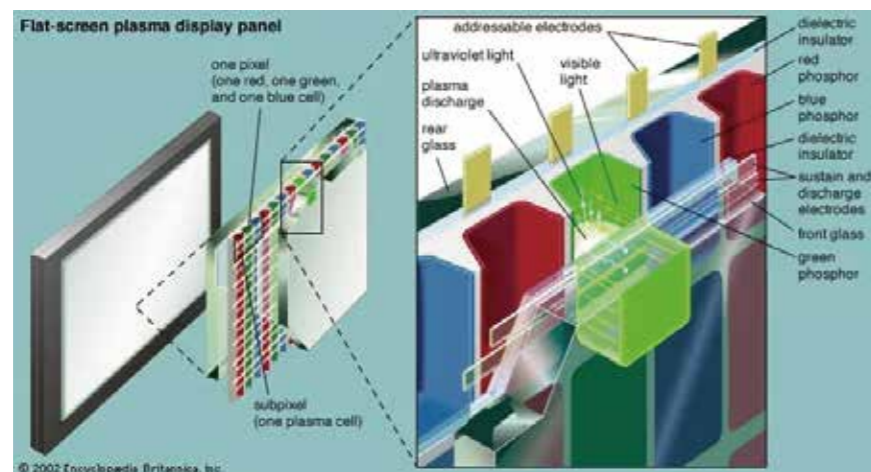


## 1.1.2 液晶显示技术

LCD (Liquid Crystal Display) 是液晶显示器的统称，其核心材料是同时具有液体性质和固体性质的液晶。液晶显示器是一种借助于薄膜晶体管 (TFT) 驱动的有源矩阵液晶平板显示器，它主要是以电流刺激液晶分子产生点、线、面配合背部灯管构成画面。

液晶显示本质是一种受光显示，需要外部背光源（白光背光单元），通过滤光片显示颜色。

21 世纪初，LCD 技术全面成熟。由于液晶技术轻薄、大尺寸适性和节能的特点，使其在与等离子技术的竞争中胜出，同时推翻了上一代王者 CRT，建立了属于自己的王朝，正式开启了大尺寸、高分辨率、高对比度的显示高画质时代。



LCD 显示器有三大要素，其创新也持续围绕这三大要素展开：薄膜晶体管 (a-Si、LTPS、IGZO)+ 液晶阵列 (TN、VA、IPS、PLS)+ 背光源 (CCFL、LED)。无论是 LCD 全面替代 CRT，或是 LED 背光全面替代 CCFL，成本因素都发挥了巨大推动作用。

液晶面板是非自发光型，需要背光作为光源，液晶分子作为控制光线透过的窗口。

### CCFL (冷阴极荧光灯)

CCFL (冷阴极荧光灯) 是 LCD 背光的第一代技术，靠冷阴极气体高电压下电离，激发水银放电，而激发荧光粉发光，原理类似于日光灯。CCFL 背光的缺点几方面：色彩还原度差，只能覆盖 NTSC 标准的 65%-75%，同时 CCFL 背光功耗较大、发热严重、显示器厚度也高于白光 LED。

### LED (发光二极管)

LED (发光二极管) 是当前 LCD 显示器中最常见的背光方案，比 CCFL 更亮、功耗更低、使用寿命更长。LED 背光可分为直下式和侧光式，其中全阵列式占据越来越多的市场份额。



两种背光阵列的排布方式 (资料来源:ToteVision, 长江证券研究所)

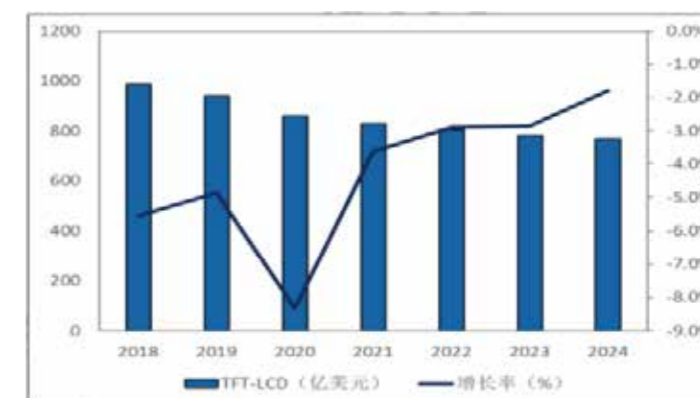
表 2: CCFL 背光与 LED 背光性能比较

对比度	CCFL 背光	LED 背光
有害物质	有害物质	无
寿命	大于 50000 小时	大于 100000 小时
发光亮度	略差	好
电源要求	需要高电压	不需要高电压
电磁干扰	可能产生电磁干扰	无电磁干扰
用电量	大	省电 50%
体积重量	体积大、重量大	体积小、重量轻

除显示效果外，LED 芯片发光效率的提升，使得 LED 背光成本快速下降，也是其能够高速替代 CCFL 背光的重要原因。

总而言之，LCD 是一项非常成熟的技术，通常被视作显示标准品进行研究。但通过上述梳理，我们依然在 TFT 驱动、液晶阵列和背光等重要构成中看到技术创新替代的变换。可见显示创新不仅有 LCD、LED 这样的技术跃迁，同样也活跃于同一技术本身。此外，LCD 全面替代 CRT，以及 LED 背光全面替代 CCFL 背光的过程中，成本发挥了巨大的推动作用，可见新型显示技术的大范围替代传统技术必须以成本优势为基础。

目前，TFT-LCD 显示是应用最广泛的显示技术。据 CODA 统计，2018 年前三季度，全球 TFT-LCD 营收规模为 509 亿美元，同比下降 16%，在新型显示器件营收中占比超过 60%；出货面积接近 1.49 亿平方米，同比增加 5%，面积占比超过 95%。未来 5 年，随着多条高世代生产线产能释放，TFT-LCD 市场整体呈现“量增价跌”的发展态势，产能和出货面积逐年增加，但出货金额将逐年减少，利润率不断下降。



数据来源: 赛迪智库, 2019 年 1 月

### 1.1.3 LED 显示技术

LED(Light Emitting Diode 发光二极管 ) 电子显示屏是集微电子技术、计算机技术、信息处理于一体的大型显示屏系统。1907 年, Henry Joseph Round 首次发现碳化硅材料制成的二极管的电子发光现象; 20 世纪 60 年代初, 应用半导体 P-N 结制成的 LED 问世; 1964 年, 红色 LED 首先研发成功; 1968 年, LED 发光效率取得突破, 并能够发出红光、橙光和黄色光; 1970 年前后, LED 少量应用于钟表、计算器等感应与光电领域。

早期, 因为发光效率和颜色的问题仅应用于简单的领域。在解决了发光效率与蓝光问题后, LED 应用进入爆发期。20 世纪 80 年代, LED 开始能够用于室外运动信息发布、景观装饰等用途; 20 世纪 90 年代, 高亮色蓝光 LED 的出现使得全彩显示成为可能, 材料、芯片尺寸和外形等方面的进一步改进为 LED 显示产业的快速发展奠定了基础; 2000 年以来, 全球 LED 显示产业发展迅速, 形成了完整的 LED 显示产业链。以 2013 年为起点, 小间距 LED 的高速发展, 使 LED 显示应用开始大放异彩。

LED 之所以受到广泛重视并得到迅速发展, 是因为它本身具有很多优点。例如: 亮度高、工作电压低、功耗小、易于集成、驱动简单、寿命长、耐冲击且性能稳定等, 其市场前景极为广阔。目前 LED 已经发展到高亮度、高耐候性和发光密度、发光均匀性、全色化。

表 3: LED 显示技术发展历史

时 间	发展内容
1970-1990 年	出现了最早的 GaP、GaAsP 同质结红、黄、绿色低发光效率的 LED 显示产品, 用于指示灯、数字和文字显示。之后向高亮度化、全彩化迈进。
1991-1995 年	1991 年日本东芝和美国 HP 研制成 InGaAlP 620nm 橙色超高亮度 LED; 1992 年 InGaAlp590nm 黄色超高亮度 LED 实用化。同年, 东芝研制 InGaAlP 573nm 黄绿色超高亮度 LED, 法向光强 2cd。1994 年日本日亚公司研制成 InGaN 450nm 蓝 ( 绿 ) 色超高亮度 LED。至此, 彩色显示所需的三基色红、绿、蓝以及橙、黄多种颜色的 LED 都达到了坎德拉级 (100mcd) 的发光强度, 实现了超高亮度化、全彩化, 使发光管的户外全彩显示成为现实。
1996-2009 年	进入一个总体稳步提高、产业格局调整完善的时期。1998 年, 利亚德成功研发出国内第一款真全彩 LED 异形显示屏; 全彩色 LED 显示屏大举进入市场, 灰度等级不断提高、动态显示效果大幅改善。1999 -2001 年利亚德全彩 LED 显示屏占领全国 70% 全彩市场。
2010 年	2010 年, 利亚德成功研发出全球首台 2.5mm 小间距高清 LED 电视, 开启 LED 小间距替代 DLP/LCD 大屏拼墙的技术革命。
2011 年	利亚德率先在业内开始基于倒装 LED 芯片的显示技术研发。
2012 年	2012 年美国 CES 展, 索尼展出 1920×1080 像素由 600 万颗 LED 构成的 55 英寸 MicroLED 显示器样品—Crystal LED Display。
2013-2015 年	小间距 LED 显示屏被彻底释放, 小间距 LED 的高速发展, 使 LED 显示应用占比不断提升。2015 年 9 月, 利亚德发布目前全球最小间距 P0.7 LED 样品。2015 年底, 利亚德全面掌握倒装技术。
2016 年	2016 年 InfoComm 展, 索尼正式发布 P1.26 Micro LED 产品。2016 年 6 月, 利亚德发布目前全球最小间距 P0.7 LED 产品。
2018 年	2018 年 3 月, 利亚德首发 Mini LED 显示产品。
2019 年	2019 年 1 月利亚德发布 Micro LED 显示产品。同期, 华为、苹果、三星、索尼、京东方、TCL 等龙头企业均推出或计划推出 Mini /Micro LED 技术的终端产品, LED 新型显示技术正在走向成熟。
2020 年	2020 年 7 月, 利亚德全球首发 40 英寸 2k (P0.4) Micro LED 标准化商用显示产品, 标志着 Micro LED 显示商用时代的正式来临。2020 年 10 月, 利晶全球首个 Micro LED 大规模量产基地正式投产。

资料来源: 公开资料整理

### 1.1.4 OLED 显示技术

OLED (OrganicLight-Emitting Diode, 有机发光二极管), 又称为有机电激光显示、有机发光半导体 (OrganicElectroluminescence Display, OLED), 是指有机半导体材料和发光材料在电场驱动下, 通过载流子注入和复合导致发光的现象。OLED 在电场的作用下, 阳极产生的空穴和阴极产生的电子就会发生移动, 分别向空穴传输层和电子传输层注入, 迁移到发光层。当二者在发光层相遇时, 产生能量激子, 从而激发发光分子最终产生可见光。

在众多新兴的半导体显示产品中, OLED 新型显示因其主动发光、快速响应、超薄、柔性等优点而备受业界瞩目。2016 年, 可挠式 OLED (Organic Light Emitting Display, 有机发光显示器) 取得重大突破。与 LCD 相比, OLED 节省了背光源、液晶和彩色滤光片等结构, 功耗更低, 且可实现柔性化显示。小尺寸 OLED 解决了生产良率和成本问题后在智能终端的应用迎来爆发, 中大尺寸 OLED 在高端电视应用也处于启动, 但目前渗透率受制于成本还处于较低水平。

OLED 显示依据驱动方式不同, 分为无源驱动 OLED (PMOLED) 和有源驱动 OLED (AMOLED) 两类。与 PMOLED 相比, AMOLED 具有反应速度较快、对比度更高、视角较广等特点, 应用领域更为广阔。

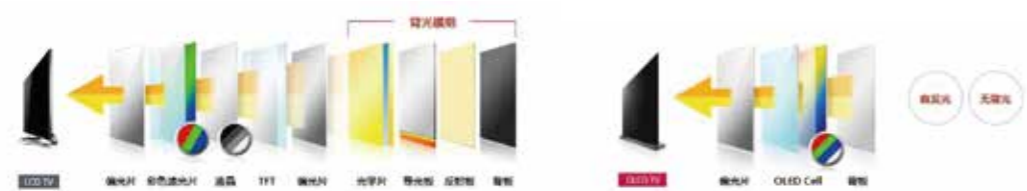
表 4: AMOLED 显示屏与 LCD 显示屏性能对比

维 度	对 比 项	LCD	AMOLED
画 质	色彩饱和度	70%	105%
	对比度	1,000:1	1,000,000:1
	宽视角 (85°下)	对比度>10:1	对比度>1,000:1
便 携	工作温度	-10°C~70°C	-45°C~80°C
	能耗	100%	约 60%
	户外 (5K Lux. 照度)	对比度 3:1	对比度 5:1
形 态	厚度	100%	<60% 柔性
	显示	×	√
	亮度 / 对比度	同对比度亮度需求高	同对比度亮度需求低
	高能有害蓝光值	33	0.1
健 康	响应时间	<20ms	<1ms

资料来源: EverDisplay, 长江证券研究所

对比度是图像质量最重要的参数之一, 对比度高, 则图像显得通透艳丽; 对比度低, 则图像显得暗淡混浊。LCD 在显示黑色时无法关闭背光源, 而是通过液晶分子阻挡光线, 因此会表现出一种灰白色。OLED 由于是自发光, 必要时可以完全不发光, 显示黑色更加纯正

同样, OLED 自发光的显示原理决定其功耗低于 LCD (无需背光源), 且有机发光层较无机晶体层更薄, 可以使用塑料作为基板, 其轻薄柔性特性是 LCD 不具备的。



LCD 电视与 OLED 电视的结构对比 (资料来源: LGD, 长江证券研究所)

总而言之, OLED 作为最新崛起的显示技术, 其优点契合消费者对于高对比度、柔性化、节能环保等进阶需求, 因此有望长期在中高端显示市场保持对 LCD 的竞争优势。根据 DSCC 等预测, OLED 市场还将保持高速增长, 智能手机与电视依然是主要市场, 但显示器、笔记本、VR、汽车等应用也将经历可观的增长。此外, OLED 的渗透率同样说明了不具备成本优势的新型显示技术只能覆盖价格敏感度较低的应用领域。

表 5: OLED 屏幕分领域应用市场空间预测 (单位: 百万美元)

应用	2018	2019	2020E	2021E	2022E
手机	22,483	25,661	32,721	34,652	37,350
电视	2,900	3,400	5,950	8,000	8,400
显示器	200	540	645	840	1,100
笔记本	240	280	300	980	1,000
VR	97	153	226	292	415
汽车	0	0	100	200	400
平板电脑	320	350	384	330	300
智能手表	72	80	88	96	106
智能手环	10	20	40	80	100
Subdisplay	61	52	44	38	32
数码相机	100	50	0	0	0
总计	26,483	30,586	40,498	45,508	49,203
YOY	—	15.49%	32.41%	12.37%	8.12%

资料来源: DSCC、OLED-A, 长江证券研究所

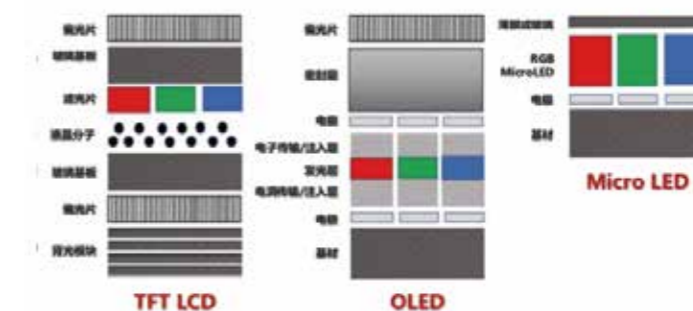
### 1.1.5 新一代显示技术: Micro LED 显示技术

随着新一轮科技周期的来临, 我们认为显示产业将呈现技术多元化发展。5G 超高清显示、万物智能交互、移动智能终端柔性化等需求推动下, 各种新型显示技术在对应的细分领域有望实现良好的成长。

在此基础上, Micro LED 显示技术被认为是未来最具成长潜力的新型显示技术方向。

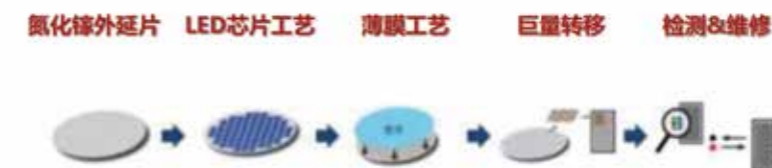
根据业界主流, 我们认为 Micro LED (又称 $\mu$ LED) 是指尺寸小于 100 $\mu$ m 的芯片。与普通 LED 一样, 也是自发光, 用 RGB 三种发光颜色的 LED 芯片组成一个个像素即可用于显示。Micro LED 显示技术是指采用 Micro LED 芯片实现全彩显示的一种技术总称, 其涵盖了巨量转移、检测、驱动、返修、控制等。

与 LCD 和 OLED 相比, Micro LED 显示拥有响应速度快、视角大、色彩表现力好、亮度高、寿命长等优点, 未来有望替代 LCD 和 OLED 显示, 全面进入消费电子领域。



TFT LCD、OLED、Micro LED 三种显示技术原理对比 (资料来源: EDN, 长江证券研究所)

对 LED 尺寸的微缩使得 Micro LED 显示制程有别于传统制程, 巨量转移、检测、返修等工艺成为限制 Micro LED 规模化量产的瓶颈。因为每一个像素都由 RGB 三颗 LED 组成, 对于 4K 显示器则需要近 2500 万颗 LED 芯片, 如此巨量数目的 LED 芯片固晶非常考验产业制程水平, 而以目前巨量转移、配套结构件的技术水平, 受制于良率、时间成本等问题, 制成 Micro LED 的成本比 LCD 和 OLED 面板要高出许多, 短期内很难进入消费电子领域。



Micro LED 制造流程 (资料来源: LEDinside, 长江证券研究所)

2020 年 7 月, 利亚德全球首发全尺寸 Micro LED 标准化商用显示产品, 标志着 Micro LED 显示商用时代的正式来临。

未来, Micro LED 显示技术将成为主流。



## 1.2 LED 显示产业链构成

LED 显示产业具有典型的不均衡产业链结构，一般按照材料制备、芯片制备和器件封装与应用分为上、中、下游，虽然产业环节不多，但其涉及的技术领域广泛，技术工艺多样化，每一领域的技术特征和资本特征差异很大。

目前，我国 LED 显示产业在全球范围内已相对成熟，全行业在全球均具有较强竞争力和较高的市场份额，并且国内市场集中度较高，自下游向上游集中度依次提升。

以 Micro LED 显示产业链为例，包括芯片制造、巨量转移、面板制造、封装 / 模组、应用及相关配套产业，分为上游、中游和下游。



数据来源：行家说《小间距 LED 调研白皮书》

### 1.3.2 LED 显示屏全球市占率

2020 年 8 月，国际权威调查研究机构 Futuresource Consulting 发布最新全球 LED 显示市场调查报告《GLOBAL LED DISPLAY MARKET REPORT》。报告显示：利亚德连续 4 年蝉联全球 LED 显示产品市占率第一，小间距产品市占率第一，户内 LED 产品市占率第一。今年，利亚德的固定安装 LED 产品市占率也达到全球第一。此外，利亚德旗下 PLANAR 则连续 3 年蝉联美洲地区 LCD 拼接产品控制室应用市占率第一。

根据报告数据显示，2019 年全球 LED 小间距 ( $\leq P2.5$ ) 显示产品销量同比增长 25%，并首次超过 LED 常规显示产品，成为市场主流。



数据来源：行家说《小间距 LED 调研白皮书》

## 1.3 LED 显示产业能力全球分布

### 1.3.1 LED 显示屏市场规模(2018-2025)

据行家说产业研究中心数据显示，2019 年全球 LED 显示屏市场规模达到 452 亿元人民币，其中 LED 小间距 ( $\leq P2.5$ ) 显示屏市场规模 173 亿元人民币，占比 38.23%。2020 年受新冠疫情影响，出现阶段性下滑，主要是因为疫情导致户外和商业活动收缩所致，行家说产业研究中心预计 2020 年全球 LED 显示屏规模将下滑 8%，低至 416 亿元人民币，小间距显示屏下滑幅度略低，低至 5%。

### 1.3.3 全球 Micro LED 显示产业发展状况

#### 1.3.3.1 美国：专利布局较早，企业并购活跃

美国是目前全球 Micro LED 显示技术最发达的国家，具有专利布局较早和企业并购活跃的产业特点。2006 年美国伊利诺伊大学就已经将微传输打印技术的早期研究成果转移给当时的初创企业 Semprius，后来该技术被 XTRIONN.V 的全资子公司 X-Celeprint 获得，目前已经实现了晶圆级器件在 1 微米精度下的批量打印转移。

企业并购方面，美国大型企业一致看好 Micro LED 显示技术，对初创企业的并购较为活跃。2014 年 5 月，苹果通过收购 Micro LED 显示技术公司 LuxVue Technology，取得多项 Micro LED 专利技术。2014 年 7 月，Facebook 在宣布以 20 亿美元的价格收购 Oculus，以便在其 VR 头戴设备中使用 Micro LED 技术。2017 年 8 月，谷歌一期注资 1500 万美元（总共 4500 万美元）投资瑞典的 Glo 公司，加速应用二极管技术 Micro LED 产品研发。

得益于研发和并购活跃，美国 Micro LED 产业发展速度领先其他国家。根据 Yole Developpement 行业报告，2017 年美国的苹果、X-celeprint、Facebook 已是全球 Micro LED 累计专利申请量排名前三的企业。

早在 2014 年苹果就在竹科龙潭园区设立了 Mini LED 和 Micro LED 研发实验室；2020 年，据台湾地区媒体报道，苹果公司计划投资约 100 亿新台币（约合 3.34 亿美元）在台湾竹科龙潭园区（Hsinchu Science Park）再建设新厂，用于生产 Mini LED 和 Micro LED 显示面板。届时，苹果还将与晶电（Epistar）和友达合作，为将来的 iPhone 和 iPad 等产品提供 Mini LED 和 Micro LED 显示屏。

#### 1.3.3.2 日本和韩国：大型企业牵头，重视对外合作

日本和韩国大型企业也积极抢进 Micro LED 市场。索尼于 2012 年在 CES 展上推出了第一台由 600 万颗 LED 构成的 55 英寸 Micro LED 电视样品——“Crystal LED Display”，开启了 Micro LED 在消费电子应用的先河。由于造价昂贵，直到 2016 年才第二次推出 p1.26 的 Micro LED 拼接显示器 CLEDIS（Crystal LED Integrated Structure），亮度达到 1000nits。

三星电子早已在 LCD 显示产业具有龙头地位，尤其是在 AMOLED 领域，占据了 97% 以上的市场份额。随着对 Mini/Micro LED 的关注度不断提高，三星开始加快在该领域的研发和积累。2018 年 CES，三星推出 146 英寸的电视墙。

在 Micro LED 技术研发过程中，日本和韩国企业也积极和其他国家、地区企业进行技术合作。2018 年 2 月，三星电子和厦门三安建立了 Micro LED 战略合作关系。

#### 1.3.3.3 中国台湾：产业链较完整，力图弯道超车

我国台湾地区高度重视 Micro LED 产业发展，力图在下一代显示市场实现弯道超车。台湾地区拥有晶元光电、Mikro Mesa、镛创（PlayNitride）等一批 Micro LED 芯片生产及转移技术半导体公司，以及聚积、奇景、联咏等一批 Micro LED 驱动 IC 公司，形成了较为完整的 Micro LED 研发产业链。2016 年 12 月，台湾工业技术研究院成立了“巨量微组装产业推动联盟”，在 Micro LED 工业化前瞻布局方面走到了世界前沿。

2016 年 4 月，镛创科技首次发布“PixeLED Display”Micro LED 产业化技术，实现了 Micro LED 芯片批量转移良率达 99%，芯片批量转移速度达 10 秒 20 万个。

2017 年 4 月，台湾工业技术研究院与聚积科技共同签署“超小间距 LED 数位显示技术合作案”，加速开发能够应用于 VR 和 AR 设备的 Micro LED 显示屏驱动集成电路。

2017 年 11 月，聚积科技推出最小像素点间距低至 0.55mm、灰度深度达 16 位、可同时控制 512 个像素点的高整合驱动芯片，单一颜色平均恒流驱动最低可至 15uA，并且具有侦测功能，可以快速侦测并汇报失效 Micro LED 像素位置。

#### 1.3.3.4 中国大陆：紧跟国际步伐，龙头企业带动

中国大陆地区紧跟国际研发步伐，龙头企业和高校加紧开展 Micro LED 前瞻性技术研发。企业方面，华星光电、新广联和三安光电已布局 Micro LED 外延芯片，并实现了 15 微米微缩化工艺，其中三安光电将 Micro LED 作为未来重点发展方向；2017 年 11 月，京东方首次公开已开展对 Micro LED 的技术研究，并取得一定进展，2019 年初，京东方与美国公司 Rohinni 成立 Micro LED 合资公司，进行 Mini LED 背光解决方案和 Micro LED 显示器的研发。2019 年 12 月，重庆康佳光电技术研究院与联建光电合资监理公司，共同推进 Mini LED 及 Micro LED 新技术在公共视讯的商业化进程。2020 年 3 月，利亚德与台湾晶电共同注资成立合资公司利晶微电子，双方共同打造的全球首个运用巨量转移技术实现最小尺寸 Micro LED 显示产品大规模量产的产业基地。

科研机构方面，南方科技大学以刘召军博士为团队带头人，研发出全球首款分辨率达 1700PPI 的 Micro LED 芯片、全集成 Micro LED 片上系统、全彩色 Micro LED 微投影机 and AR 穿戴设备。据 Yole Développement 专利研究报告显示，华星光电、京东方、中科院长春光机所、歌尔股份是中国大陆地区 Micro LED 研发活跃的企业和机构。

## 二. Micro LED 显示技术对行业的价值与意义

### 2.1 Micro LED 显示技术的基本情况

#### 2.1.1 Micro LED 显示技术的发展进程

2016 年 6 月，索尼在 Infocomm 展示了将 P1.26 Micro LED 元件作为像素使用的 CLEDIS 显示屏，其出色的显示效果受到业界高度褒奖，开启了 Micro LED 的研究热潮。

从 Micro LED 发展创新历程图可以看出，2016 年后，Micro LED 处于高速发展阶段，由于 Micro LED 显示技术横跨多个产业领域，加之未来在 Micro Display、显示面板等应用想像空间非常广，吸引了不少业者投入研发。



Micro LED 的创新旅程（来源：行家说《Mini&Micro LED 时代技术与市场研究院》有修改）

#### 2.1.2 定义 Micro LED

定义 Micro LED，明确相关标准，不但有助于大众认知，其实也是促进行业向下一代显示技术发展，从而推动我国 LED 显示应用产业转型升级的基本要求。

实际上，Micro LED 技术已经发展了近二十年。关于 Micro LED 的概念最早于 2000 年左右由德克萨斯理工大学江红星教授在其专利中提出；随后十年，Micro LED 基本处于学术研究、实验室研发和专利布局阶段。

直到 2012 年，Sony 展出了 Micro LED 的 55 英寸高清 LED 电视样品，这是 Micro LED 作为商业化产品第一次出现在大众视野，也让大众看到了 Micro LED 大规模商业化的可能性。2016 年后，Micro LED 处于高速发展阶段。直到 2020 年 7 月，利亚德全球首发四款标准化 2K Micro LED（最小点间距 0.4mm）商用显示产品，正式标志着 Micro LED 大尺寸商用显示时代的到来。

因此，在充分考虑产业链各端实际量产能力的基础上，根据行业发展的现状和前景预判，对 Micro LED 技术界定出相应标准。

##### Mini LED 显示：

芯片长宽均在 100~300μm 之间的 LED，采用普通或巨量转移方式及无焊线工艺实现的 LED 显示产品。

##### Micro LED 显示：

芯片长宽任意一边小于 100μm 的 LED，采用巨量转移方式和无焊线工艺实现的 LED 显示产品。

而确定是否属于 Micro LED 显示产品的关键维度包括以下三点：Micro LED 芯片、巨量转移技术、驱动技术。

表 6：Mini LED 与 Micro LED 对比

比较维度	Mini LED	Micro LED
芯片尺寸	100~300μm	≤100μm
芯片封装转移方式	普通封装 / 巨量转移	巨量转移
应用间距	≥0.5mm	低至 0.1mm
对比度	≥5000:1	≥10000:1
视角	水平 175°	水平 175°
	垂直 160°	垂直 160°
技术优势	可使用普通固晶方式，制造成本较低	高性价比、可实现更小间距

资料来源：公开资料整理



### 2.1.3 Mini LED 背光与 Micro LED 自发光技术

#### 2.1.3.1 Mini LED 背光

Mini LED, 又名“次毫米发光二极管”, 最早是由台湾晶元光电所提出。Mini LED 是介于传统 LED 与 Micro LED 之间, 简单来说就是传统 LED 背光基础上的改良版本。

在 Mini LED 应用方面, 主要分为两大类, 一种是作为液晶显示 (LCD) 直下式背光源获得主流市场应用, 如手机、电视、车用面板及电竞笔记本电脑等; 另一种则是作为 Micro LED 显示技术过渡, 可应用于大尺寸的 LED 显示产品, 同时显示器、笔记本及车载等中尺寸高端产品也可以应用。

据 LEDinside 估算, 相同对比度条件下, 采用 Mini LED 背光的液晶面板价格仅约为 OLED 面板的 70-80%, 却可以大幅提升现有液晶画面效果。

Mini LED 背光技术通常采用蓝色芯片搭配转色材料实现白色背光, 再结合液晶面板实现画面显示。不过, 业内也有厂商采用 RGB 背光方案, 成本相对较高。

Mini LED 背光具有区域调光 (Local Dimming) 技术, 能够通过精细分区, 对整体画面进行动态调光, 从而实现高动态对比度。

以电视应用为例, 相较于传统背光 LCD, 采用 Mini LED 背光技术的 LCD 在动态对比度和亮度上的表现更佳, 且具有轻薄、高画质、低功耗和节能等优势, 很大程度上提升了 LCD 的性能。

此外, Mini LED 背光可搭配柔性基板实现曲面显示和轻薄设计, 更增添了其应用的灵活性。Mini RGB 显示是自发光技术, 通常是由倒装 RGB Mini LED 芯片组成显示像素, 再通过 SMT 或 COB 封装的方式贴在驱动基板上, 作为显示屏直接显示, 应用场景包括可穿戴显示、高清移动显示、车载显示、高清大尺寸显示等。

由于技术尚不成熟、成本偏高, Mini RGB 显示尚未到达冲刺量产阶段。不过, 会议室、指挥监控、高端商业显示、安防等公共服务大尺寸显示的需求正在被激发, 尤其是疫情的爆发有效刺激了会议室显示等室内商显的需求, 加快了 Mini RGB 显示在显示市场的渗透率。

在技术原理上, Mini LED 背光与传统 LED 背光没有本质区别, 是一种背光技术, 但单个 LED 尺寸大幅度缩小, 大概从 LED 的 3mm×3mm 缩小到 0.125mm×0.225mm。在尺寸缩小后, 构成一个 Mini LED 背光源需要更多 LED 芯片, 动态分区也会更多, 能轻易制造成曲面。



资料来源: LEDinside

如果我们把 LCD 当成一个显示产业的起点, 大家会自然的认为 Mini LED 背光可能是一个过渡性的产品, 之后是自发光的 OLED、Micro LED。因此也导致产业界的观念中对 Mini LED 背光一直有一种鸡肋的感觉, 担心在这个技术方向上如果投入很多, 会不会几年之后就被取代了。



资料来源: LEDinside

但其实, Mini LED 它最大的价值并不是去取代过去的技术, 而是强化了 LCD 产品的生命周期。从 LCD 这个产业来讲, 如果正面跟 OLED 竞争, 可能就是 5 到 10 年的产业生命, 但如果有了 Mini LED 背光的加持, 很有可能把这个产业生命寿命再延长 1.5 倍甚至两倍时间。



资料来源: LEDinside

所以 Mini LED 的价值不是过渡性的显示技术, 而是强化和改良了现有的技术, 以传统的 LED 背光 +LCD 产品形态作为观察的起点, 其实技术的演进有两个方向, 一个是技术变革型的向右上延伸的自发光的方向, 另一个是改良的, 强化现有产品能力的方向。



### 2.1.3.2 Micro LED 自发光

Micro LED 被视为是新一代显示技术，而 Micro LED 自发光则是相对 Mini/Micro LED 背光而言。

Micro LED 采用倒装封装形式，结构更加简单、LED 承受更高电流、制造工艺简化、无金线散热更佳、稳定性高且 RGB 混光效果好，具备优秀的可靠性和无与伦比的显示特性。

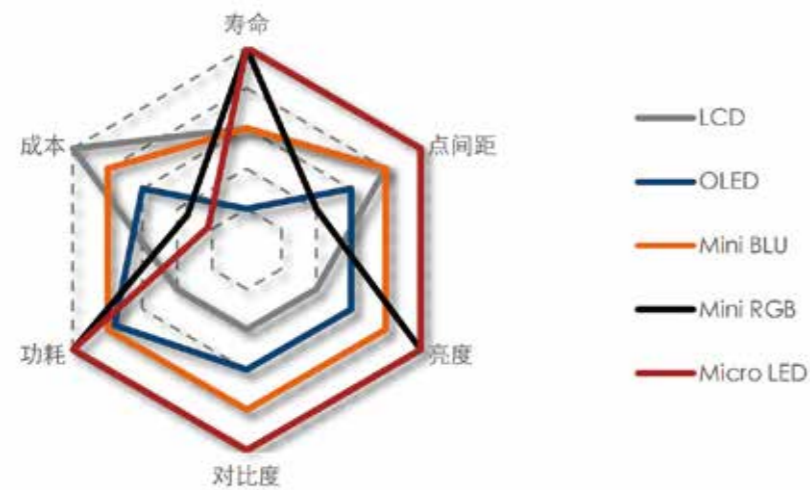
从结构原理上看，Micro LED 更简单，但是它最大的难题就是众所周知的巨量转移，如何将 LED 做得微小化，需要晶圆级的技术水平。比如 4K 级别的 Micro LED 荧幕，需要 2488 万个以上的 LED 芯片高度集成。

从优势上看，Micro LED 既继承了无机 LED 的高效率、高亮度、高可靠度及反应时间快等特点，又具有自发光无需背光源的特性，体积小、轻薄，还能轻易实现节能的效果。

表 7: Mini LED 背光与传统 LCD、OLED、Micro LED 显示技术对比

类别	传统 LED 背光	OLED	Mini LED 背光	Micro LED 显示
发光源	背光模组	自发光	背光模组	自发光
反应时间	毫秒 ms	微秒 μs	毫秒 ms	奈秒 ns
寿命	长	中	长	长
可视角度	低	中	高	高
PPI (穿戴式)	最高 250	最高 300	500 以上	1500 以上
耗电量	高	高解析度时耗电量高	高解析度时耗电量高	高解析度时耗电量高
成本	低	中	中	高
商品化	已普遍	小尺寸取代 TFT-LCD，大尺寸需突破	小批量出货	利亚德实现大尺寸商用；其他应用各大厂商仍在研发中
产品范围	13-100 寸产品	15 寸以下 (柔性)；6 寸以下 (刚性)	9-110 寸 (含车载)	110 寸以上
		40~60 寸		4 寸以下 (AR、VR)

资料来源：长江证券研究所



资料来源: CNLED, 长江证券研究所

## 2.2 Micro LED 技术与传统技术的差异化分析

新一代显示技术，Micro LED 无论从 LED 芯片、工艺实现方法和驱动技术来看，均与传统 LED 显示技术存在显著差别。

**首先是 LED 芯片**，前文已描述，有别于传统正装芯片和 Mini LED 芯片，Micro LED 芯片尺寸更小，此处不再赘述。

**其次是工艺实现方法**，Micro LED 显示的几种实现方式：

### COB, 即 Chip on Board。

顾名思义，就是将 LED 芯片直接固晶至显示模组板，省去先行封装流程，此处的模组基板，可以是 FR4 基材，也可以是 BT 基材，甚至可以是柔性 PI、SI 驱动板等。COB 的优势是，免除封装步骤，工艺流程缩短，理论而言可节省基板材料费，但实际现状却是，FR4 基板无法承载 Micro LED 芯片，而多层 BT 板制作困难，成本居高不下，柔性板和玻璃基板技术仍在研发中。此外，因为混 BIN 困难，COB 的墨色和颜色一致性仍需进一步改善。

### COG, 即 Chip on Glass。

与 COB 相同，COG 是指将 LED 芯片直接固晶到玻璃基板，利用 TFT 驱动实现 Micro LED 显示。

### 封装体

即先将 Micro LED 封装成灯，再将灯贴片至模组基板。这种实现方式的优点是，可以对封装体进行筛选混装，整屏一致性较好。

无论是上述哪种方案，都需要将 Micro LED 从蓝膜转移固晶至基板，对于普通 LED，可采用 pick-place 的机械转移方法；但转移小于 100 μm 的 LED 对传统固晶方法的精度和良率都是不小的挑战；如果说未剥离衬底的 Micro LED 还勉强可以采用传统转移方法，那衬底剥离后的 LED 则完全无法采用该技术转移。随着 LED 芯片尺寸越来越小，可实现的显示屏像素密度越来越高，单位面积 LED 数量成倍增长，机械转移方法的效率和良率无法保证，于是业界提出 Micro LED 的巨量转移技术。

所谓巨量转移，即每次可转移上万、数十万乃至数百万颗 LED 芯片至承载基板，转移的效率和精度得到有效提升。

最后是 Micro LED 的驱动。高密度的 LED 必然需要更多的驱动芯片，因此如何降低显示屏功耗，提升显示质量，也是 Micro LED 显示与小间距显示的差异之处。

## 2.3 Micro LED 显示技术对产业发展的推动作用

与 LCD 和 OLED 传统显示相比，Micro LED 显示具有自发光、高效率、低功耗、高集成、高稳定性、全天候工作等优良特性，已然成为下一代主流显示技术的重要选择。

未来，随着量产化技术的成熟和生产成本的降低，Micro LED Display 的发展领域将有两种趋势。

第一种是如索尼、三星等显示面板公司的主攻方向——小间距大尺寸显示屏或大尺寸电视。在这方面，Micro LED 小间距显示除了拥有小间距的无拼缝、高亮度等优势外，还拥有可视角度大、亮度对比度更高、画质更好等优势：

### ◆ 可视角度大：

相较于传统的小间距 LED 显示屏，由于 Micro LED 晶片尺寸更小，光学设计上可以使得可视角度更开阔。

### ◆ 对比度更高：

单一大屏模组上，Micro LED 光源占比不足 10%，黑色比例高达 90% 以上，可以吸收外界光线，达到更好的对比效果。

### ◆ 节约成本：

对于小间距 LED 显示面板而言，随着点间距的缩小，LED 晶片及封装成本占整个显示屏的比重将大幅上升。而相同尺寸及点间距的 Micro LED 大尺寸显示屏，其成本结构相较于小间距 LED 显示屏将会非常不同，因为 Micro LED 晶粒尺寸远小于常规 LED，理论上可大大节省 LED 的材料成本。

以 4k 显示屏为例，若采用常规 125\*225 $\mu\text{m}$  芯片，大约需要 RGB 各 60 片 4 英寸晶圆，而采用 50\*30 $\mu\text{m}$  芯片，则仅分别需要 3 片 4 英寸晶圆。

第二种是中小尺寸显示和微显示，如智能手表、VR 眼镜等，这类设备的显示着重高分辨率、便携性强、功耗低、亮度高，而这正是 Micro LED 的优势所在。

目前，从应用市场渗透路径来看，Micro LED 已经应用于小间距 (<1mm) 的大屏幕显示。2021 年将在智能手表和可穿戴智能设备领域开始商用；2023 年以后随着技术进步和成本进一步下降，将开始渗透高端电视市场，主要为超过 75 英寸的高端大型面板，主要面向 4K 或者 8K。

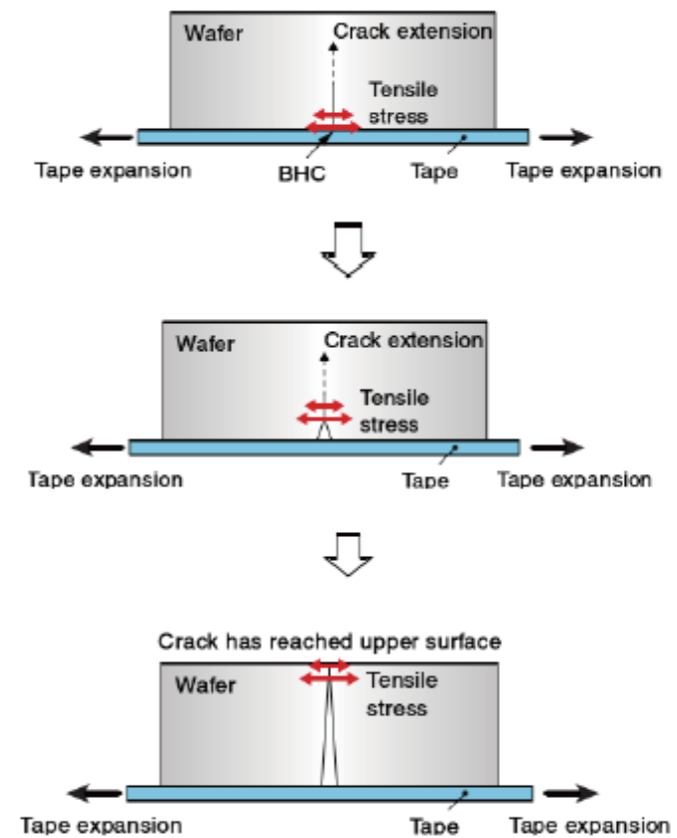
在 VR/AR 的应用领域，预计也将从 2021 年开始渗透，需要大量 3 $\mu\text{m}$  以下的芯片；手机、平板、笔记本电脑等市场，量大面广，但成本要求高，预计至少要到 2022 年后才能逐步起量。汽车应用市场附加值高，规模大，但是对可靠性、技术要求高，车规级产品的供应链进入门槛高，因此预计至少要 2024 年以后才有可能进入。据 Yole 预测，至 2025 年基于 Micro LED 技术的产品如高端电视机、手机、手表等将逐步上市出货量可达 3.3 亿只模组，Micro LED 显示市场产值将超过 100 亿美元。

## 2.4 Micro LED 显示技术的困难与挑战

尽管 Micro LED 拥有 LCD 和 OLED 无法相比的优势，但现阶段开发 Micro LED 还有许多技术瓶颈有待突破，这些难点大多属于生产技术，如芯片技术、批量转移、检测、返修等。

### 2.4.1 芯片技术

对于保留衬底的 Micro LED，最大挑战在于切割。采用激光划片机在 Wafer 内部隐形切割出裂纹，然后用裂片机将弹性力应用于晶体内部的裂纹并朝着材料的表面进行拉升，如图，这种外力会使内部的裂纹向材料两侧扩展，得到一颗颗独立的 LED 芯片。随着芯片尺寸越来越小，裂片时良率也随之下降，特别是倒装红光芯片，由于其本身就是将外延层转移 Bonding 与蓝宝石接合，且材料本身具有脆性，良率甚至不足 50%。



对于更小尺寸且衬底剥离的 Micro LED，核心挑战在于外延的质量和 Micro LED 制备工艺。当 LED 微缩至 50 $\mu\text{m}$  甚至 10 $\mu\text{m}$  以下，其对于外延在波长一致性和低瑕疵率的要求非常高，一般对于外延的要求，是在 6 英寸 Wafer 上，将瑕疵和 Particle 降低到每平方公分低于 0.15；而在波长一致性方面，与传统 LED 所需的 8~10nm 要求相比，Micro LED 芯片则要求降低至 3nm。

不仅如此，为了便于实施巨量转移，弱化结构的 Micro LED 技术被提出。为了让 Micro LED 在巨量转移的吸取过程中，能够顺利脱离暂时基板而又不至于破裂，因此在 LED 下方制作中空型的弱化结构，即小于 1 $\mu\text{m}$  的纳米级柱子做支撑。当转移模块向上吸取 LED 时，只要断开柱子便能将 Micro LED 脱离暂时基板，再转移固晶至 PCB 或其他基板，但这一步骤也考验 LED 本身的强固性和耐压力，而红光比起蓝光和绿光相对更脆弱易破，良率更低。

## 2.4.2 巨量转移技术

外延芯片部分结束后, 需要把数百万甚至数千万颗微米级的 LED 晶粒正确且有效率的移动到电路基板上, 以一个 4K 电视为例, 需要转移的晶粒就高达近 2500 万颗 (以 3840\*2160 R/G/B 三色计算), 即使一次转移 1 万颗, 也需要重复 2500 次。

而当 LED 芯片尺寸缩小至 100 $\mu\text{m}$  以下, 传统固晶技术的应用存在一定不足:

首先, 高密度 LED 显示对于固晶的精度提出更高的要求, 传统固晶机  $\pm 25\mu\text{m}$  的精度明显不能满足需求;

其次, 更高密度的显示屏, 意味着单位面积上 LED 像素的数量更多, 对于 LED 芯片的固晶效率要求更高, 而传统固晶机每次转移只能操作一颗 LED 晶粒, 固晶效率低, 工艺成本高;

第三, 传统固晶机采用拾取—放置的机械方法来转移 LED 晶粒, 随着 Micro LED 尺寸越来越小, 由于拾取吸头的尺寸限制, 这种高速机械方法将不能精确拾取 Micro LED 晶粒, 亟需更先进的转移技术来满足 Micro LED 芯片的需求。

因此, 巨量转移技术成为限制 Micro LED 良率和成本的瓶颈。目前, 巨量转移技术需要解决的问题包括:

- a. 在转移之前, 要将 Micro LED 芯片从外延片移动到载体;
- b. Micro LED 芯片的厚度仅为几微米, 将其精确地放置在目标衬底上的难度非常高;
- c. Micro LED 芯片尺寸及间距都很小, 要将芯片连上电路也充满挑战;
- d. Micro LED 芯片需要进行多次转移 (至少需要从蓝宝石衬底→临时衬底→新衬底), 且每次转移芯片数量巨大, 对转移工艺的稳定性和精确度要求非常高;
- e. 对于 R/G/B 全彩显示而言, 由于每一种工艺只能生产一种颜色的芯片, 故需要将红 / 绿 / 蓝芯片分别进行转移, 需要非常精准的工艺进行芯片的定位, 极大的增加了转移的工艺难度。

不同的 Micro LED 巨量转移技术具有不同的技术特性, 未来针对不同的显示产品, 可能都会有相对适合的解决方案。现有的转移技术主要分为芯片转移和外延级键合两大类。

芯片转移主要是通过剥离 LED 衬底, 以一临时衬底承载 LED 外延薄膜层, 再利用感应耦合等离子蚀刻, 形成微米等级的 Micro LED 外延薄膜结构; 通过剥离 LED 衬底, 再通过临时衬底承载 LED 外延薄膜结构。而外延级键合技术则是将一片单色 Micro LED 外延片和一整片 CMOS 驱动电路晶圆键合在一起。

其中, 芯片转移技术分为物理方式和化学方式。物理方式主要为电磁力转移、静电吸附和流体装配技术; 化学方式主要为范德华力 / 粘力、激光转移以及滚轮转印等。

表 8: 几种芯片转移方式对比

技术方案	关键材料	关键设备	设备开发情况	UPH (million)
电磁力吸附	芯片磁性材料	电磁力转移设备	未了解到相关设备	~0.9
静电吸附	芯片介电层	静电力转移设备	未了解到相关设备	~12
流体装配	流体墨水	静电印刷设备	有实验机	>56
弹性印模转移	PDMS, 转移膜	转移设备精度 2 $\mu\text{m}$	已有相关设备在开发	1-36
激光转移	芯片 GaN 缓冲层	激光剥离设备	已有相关设备在开发	2-100

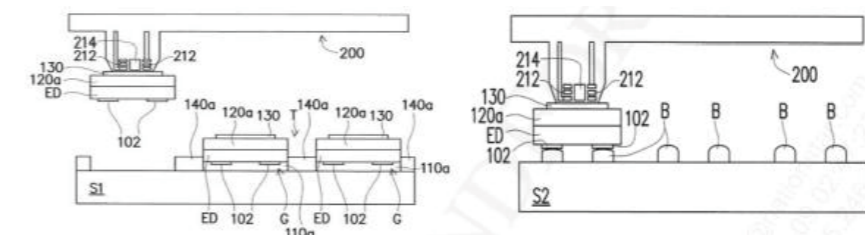
资料来源: CASA Research

### 2.4.2.1 电磁力吸附转移技术

电磁力吸附转移技术是利用线圈电感产生电磁力的方式, 将 Micro LED 吸附及放下, 拾取装置为电子 - 可编程磁性模块包括微机电系统 (MEMS) 和键合设备。

在 Micro LED 拾取阶段, 主要方式为去除牺牲层, 使其处于悬空状态, 电子 - 可编程磁性模块产生磁力, 吸附芯片, 然后进行拾取; 在 Micro LED 打印阶段, 电子 - 可编程磁性模块通过加热工艺将导电模块与接收衬底对准并接触, 从而有效地促进固态结合, 将 Micro LED 与接收衬底键合。最后, 断电消除磁力, 拾取电子 - 可编程磁性模块, 最终完成 Micro LED 的电磁力吸附转移。

该技术的难点在于需要在芯片上制作一层磁性材料, 磁性材料的均匀性会影响电磁力吸附的精度和一致性, 电子 - 可编程磁性模块的设计较为复杂, 转移芯片间距不宜太小, 电极材料需要匹配。



(a) 拾取 Micro-LED 示意图

(b) 打印 Micro-LED 示意图 (资料来源: ITRI)

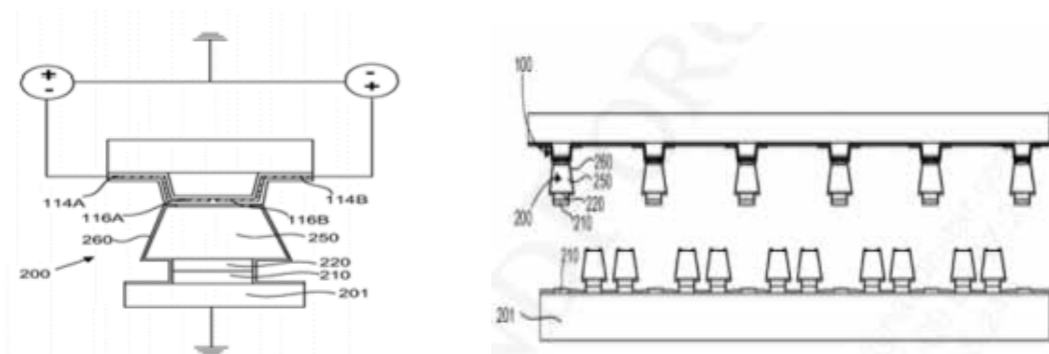


### 2.4.2.2 静电吸附转移技术

静电吸附转移技术利用 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 或 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 等材料做成转移头主体，其转移头可做成单电极或双电极的类型，以符合抓取不同结构的微型电子组件。此电极区域镀有 TiW 等高熔点材料，而在电极的表面镀有高介电系数的介电材料（如：Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>），转移头的平台结构被介电层对半分离形成一对 Si 电极。转移技术原理主要是利用静电力来控制内外电极电压差，实现对 Micro LED 的吸附和转移。

拾取 Micro LED 阶段，在吸附转移头和芯片上产生不同电荷，利用异性相吸的原理将 Micro LED 吸附拾取。同时在待转移衬底上的 Micro LED 下方的低熔点键合材料，在转移头抓取微型电子组件之前，先将此材料加热融化，产生从固体到液体的相对变化，以达到顺利抓取 Micro LED 的目的，并且将转移头数组在微型器件衬底上来回摩擦晃动，以便移除任何转移头或微型器件的接触表面上可能存在的任何微粒。

放置 Micro LED 阶段，通过调节内外电极电压差，使得电压差为零，将 Micro LED 放置到接收衬底，同时，再将 Micro LED 下方的低熔点键合材料再次加热融化，以与接收衬底上的组件接点结合，达到移转与置放的目的。



(a) 转移头示意图

(b) 拾取 Micro LED 示意图 (资料来源: Apple)

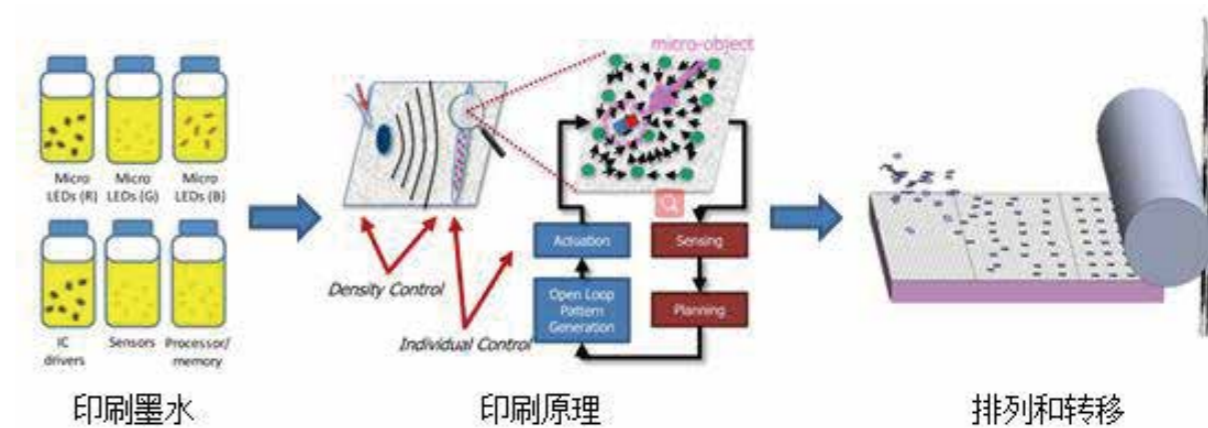
该技术的难点在于需要在芯片上制作一层介电材料层。由于抓取微型电子组件的力量大小与通入电压有关，因此通入愈高的电压，除了选用较高介电系数的材料之外，介电层材料的厚度亦需再提高，以防止组件崩坏。而由于 Mesa 主体的厚度约 2 $\mu$ m -10 $\mu$ m，因此，对于被吸取微型电子组件衬底的平整度要求很高，以免衬底平整度起伏过大，造成无效的抓取动作。该技术适用于小尺寸的芯片和芯片间距，抗 ESD 性能较好。

### 2.4.2.3 流体装配转移技术

流体装配转移技术将芯片封装在流体内，通过控制流体的流动以及临时衬底上静电作用力的方式，实现 Micro LED 的分散和排列，最后将 Micro LED 芯片转印到封装衬底上。

这种生产方式可以用一个公式来控制并计算应用流体组装的速度，液体在衬底的板面上流过，利用液体的流力和重力的作用，可以有效将其中的 Micro LED 颗粒捕获并放置到固定的地方。流体装配转移技术可以进行一些原位的控制，通过设备感知捕获 Micro LED 颗粒，并且可以清晰地知道哪些是多余的颗粒配备，同时配备 AOI 技术测试，可以识别出有缺陷的 Micro LED 颗粒，让整个测试过程变得相对简单。

流体组装技术仅需在 Micro LED 芯片上做特殊设计，芯片即可准确对位，因此 Micro-LED 间距不受限于转移机台对位的精度。



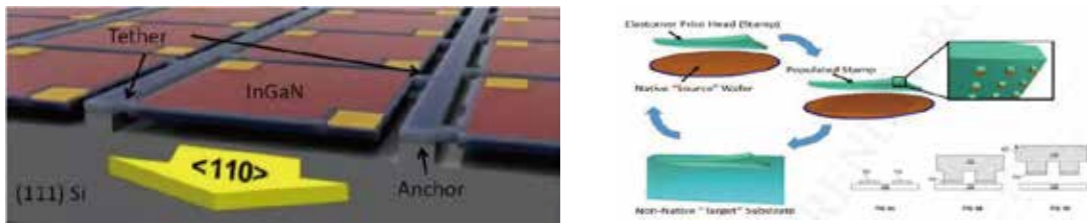
流体装配转移技术示意图 (资料来源: eLux)

此技术难点在于芯片损伤的修复技术、流体选择是否会影响 Micro LED 性能、多余芯片的去除、需要将流体挥发干后才能进行下一步的封装。该技术可适用于任意大小的芯片，芯片几何形状可多样，芯片间距不宜过小，晶圆利用率适中。



#### 2.4.2.4 弹性印模转移技术

弹性印模是利用聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 材料作为转移膜材料。要实现这个过程, 对于原生衬底的处理相当关键。要让制备好的 LED 器件能顺利地弹性体材料吸附并脱离原基底, 需要先处理 LED 器件下面使之呈现“镂空”的状态, 器件只通过锚点和断裂链固定在基底上面。当喷涂弹性体后, 弹性体会与器件通过范德华力结合, 然后将弹性体和基底分离, 器件的断裂链发生断裂, 所有的器件则按照原来的阵列排布, 被转移到弹性体上面。



(a) 制作“镂空”, “锚点”和“断裂点”的基底示意图 (b) 弹性印模转移技术示意图(资料来源: X-celeprint)

此技术的难点在于 PDMS 需要制作为 PDMS stamp 形状, 只有粘附在表面平整度极为平坦的平面, 才不影响转移的良率和精度, 而且需要精准控制各个阶段粘力大小, 否则将无法实现转移。

#### 2.4.2.5 激光剥离转移技术

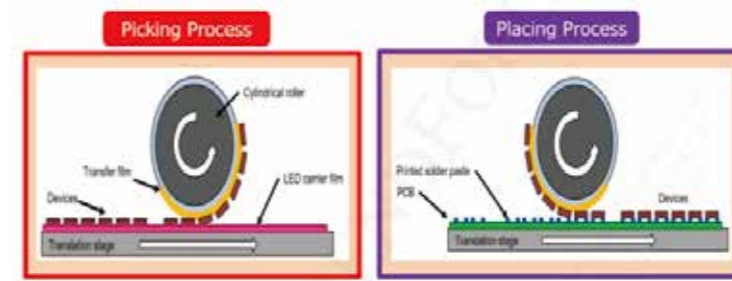
与 Pick & Place 技术相比, 激光剥离 (LLO) 转移技术跳过 Pick 环节, 直接将尚未剥离的 LED 芯片衬底转移放置于背板上。使用紫外激光器在蓝宝石晶圆的生长界面处照射, 根据材料间不同的吸收系数, 引起界面的热膨胀。

若为 GaN 外延片, 界面处的 GaN 缓冲层分解成 Ga 和 N<sub>2</sub>, 实现芯片的分离和转移, 做到平行转移, 实现精确的光学阵列。其他衬底也类似。激光剥离技术可以进行 Micro LED 的选择性转移, 也可以多个 Micro LED 同时转移。

此技术的难点在于, 响应材料的选取, 需要精准控制激光的功率和分辨率才不影响芯片的性能; 激光维护成本较高; 另外还需控制好 GaN 分解的作用力才能实现精准对位。该技术适用于小尺寸芯片, 小间距范围, 单次转移面积适中。

#### 2.4.2.6 滚轴转印转移技术

滚轴转印转移技术主要是利用带有计算机接口的滚轮系统, 进行滚轴对滚轴方式, 通过反馈模块可以精确控制接触 Micro LED, 反馈模块包含两个负载传感器和两个 z 轴执行器。此外, 滚轮系统通过两个安装的显微镜保持精确对准, 最终将 Micro LED 转印至接收衬底上, 实现巨量转移。通过滚轴转印技术的巨量转移效率相较传统打件制程的速度平均快上 1 万倍左右, 生产速度大大提高。



此技术的难点在于, 一个是使辊隙压力均匀化, 另一个是使辊的角运动与样品安装台的平移运动同步。

巨量转移技术突破了传统封装 -SMT 工艺模式, 使得工效大幅提高的同时, 产品稳定性也大幅提升, 随着良品率和转移速度的不断提高, Micro LED 显示成本将不断下降。

### 2.4.3 驱动 IC 技术

当 LED 显示屏由小间距转到 Micro LED 时代, 显示屏像素密度越来越高, IC 的数量也成倍增长, 增加了模组设计难度, 若使用整合多通道高度集成的 Micro LED 专用驱动 IC, 将能有效节省 PCB 布线空间及 IC 的用量; 同时, 高密度的像素排列必然带来更大的功耗, 显示屏的无效功耗转化的热量, 导致 LED 结温和屏体温度上升、严重损害显示品质和产品可靠性;

Micro LED 在使用时, 其电源驱动电流相比小间距而言很低, 在低电流下, 传统 IC 的低灰阶状态表现欠佳, 将会造成 Micro LED 在相同电流但亮度差异较大甚至部分不亮的状况, 因此, Micro LED 专用驱动 IC 芯片需要更高的控制精度和更宽的工作电流范围, 保证产品能够真实还原自然色彩, 将 Micro LED 显示优势真正发挥出来。

### 2.4.4 检测维修

由于 Micro LED 尺寸太小, 其电极尺寸往往小于探针针头尺寸, 因此无法采用常规点测技术进行检测。针对此, 有公司开发出光学检测技术, 透过紫外线 UV 与光学检测方式, 判断出坏掉的 Micro LED。利用紫外 (UV) 光谱照射 LED 显示基板并对 Micro LED 进行光学激发, 通过图像传感器判断 Micro LED 的对比度与波长差异性, 经过数据及影响分析判断出有缺陷的 Micro LED。随后, 采用特殊工艺移除坏点并用机械手臂将好的 Micro LED 放回板子的修复点处。

因上述检测修复技术理论可行, 但工艺繁杂且难以控制, X-celeprint、Playnitride 等公司提出采用 redundancy 的方法来提提高良率, 避免或减少返修。所谓 redundancy, 即每个像素采用两组 RGB LED 晶粒, 当其中一颗晶粒出现问题, 可立即采用备用晶粒, 该方法可使转移不良率降低几个数量级, 大大减少了需要返修的晶粒数量。

## 三．全球显示技术的推动者——利亚德

### 3.1 我国新型显示产业的发展现状

2019年，随着5G商用稳步推进，更大带宽、更高网速正加快4K/8K超高清视频产业发展，从而带动配置超高清显示屏的终端产品的市场需求；随着超高清显示终端需求的进一步释放，新型显示产业将步入发展“快车道”。

近年来，以QLED、OLED、Mini/Micro LED等为代表的新型显示技术引起社会各界广泛关注。QLED和Mini/Micro LED受技术难度大、生产成本高、产品良率低等因素影响，较难实现规模化量产。OLED与传统的LCD之间具有较高技术相关性和资源共享性，技术难度较小、生产成本较低，发展较为迅速。我国厂商加速布局OLED，从目前的产能规划看，中国大陆在OLED的总投资达5700亿元，成为全球扩产主力。

新型显示技术呈现微型化、柔性化、多元化发展趋势。一是阵列尺寸微型化，LED阵列间距由传统的毫米级向亚毫米、微米级缩窄，Mini/Micro LED具有功耗低、发光效率高、对比度好等优势，二是面板形态柔性化，目前OLED是实现柔性显示的最佳技术，广泛应用于新发布的显示终端中，如2020年9月以来，苹果和华为先后发布的最新款手机iPhone 12、Mate40均采用OLED屏，实现了环幕屏、瀑布屏、折叠屏等柔性显示设计工艺。三是应用场景多元化，新型显示技术应用领域不断扩大、应用程度不断加深，在智能手机、车载显示、室外显示等小屏、中小屏、超大屏使用场景中得到了广泛应用。

### 3.2 我国新型显示产业的发展现状面临的问题与挑战

虽然我国新型显示产业已进入全球第一阵营成为扩产主力，但仍存在关键材料设备面临“卡脖子”风险、核心技术自主创新能力不足、产能结构性过剩等问题。

#### 3.2.1 关键材料与核心设备面临“卡脖子”风险

我国新型显示产业严重依赖进口，光学膜、OCA光学胶、蒸镀机等关键材料与核心设备被惠和(Keiwa)、三菱(Mitsubishi)、佳能特殊设备(Canon TOKKI)等日本企业垄断。在“逆全球化”思潮和贸易保护主义抬头的背景下，过往数十年运作良好的全球化工体系很可能顷刻间瓦解，过高的对外依存度将导致一旦出现上游断供，下游厂商将难以在短时间内找到合适的替代品，企业的生存和产业链的运转都将面临巨大的“卡脖子”风险，2018年的中兴事件与今年的日韩争端无疑都是明证。

#### 3.2.2 核心技术自主创新能力亟待进一步增强

我国新型显示产业已进入全球第一阵营，但自主创新能力仍总体落后于韩国、美国、日本等国，部分核心技术尚处于追赶阶段。如在Mini/Micro LED领域，我国厂商对以巨量转移、全彩显示为代表的核心技术的掌握程度较低。从专利数量上看，我国处于世界领先地位，华星光电和美国企业X CELEPRINT申请的Micro LED专利数分别为140项、135项，位列全球第一、第二位；但从专利“含金量”上看，我国厂商申请的核心技术专利数占总专利数的比重较低，华星光电核心技术专利占比仅为14%，与X CELEPRINT 87%的核心技术专利占比相比仍有较大差距。

#### 3.2.3 产业生态体系不健全导致产能结构性过剩

目前，我国新型显示产业生态体系仍不健全，产能结构性过剩问题依然突出，在高端产品、新兴技术等领域的配套能力依旧薄弱。从生产环节看，我国OLED产业产能集中在低附加值领域，如在OLED发光材料生产中，粗体、中间体等生产环节产能较为充足，升华提纯环节则面临产能匮乏的问题。分技术领域看，现阶段我国OLED领域产能过剩，重复建设、盲目投资等问题较为突出，QLED、Mini/Micro LED等新兴技术领域则相对缺少资本关注，产能布局相对较少，尚无法对高端产品、新兴技术等领域的配套形成有力支撑。

### 3.3 利亚德三次技术创新推动全球显示产业持续发展

#### 3.3.1 第一次技术创新：蓝光诞生, 开启 LED 显示屏全彩时代

20世纪90年代,具备商用价值的高亮度蓝光LED芯片的诞生,彻底改变了LED的命运——不仅让LED能发出白光点亮21世纪,且推动LED显示屏进入全彩时代。

1995年,利亚德成立。当年,LED还是一个新兴行业,竞争异常激烈。而利亚德却在当时只有单色显示效果的LED市场找到了突破。经过三年的探索研究,1998年利亚德成功研发出国内第一款全彩LED显示屏,产品一经面世,就在业内引起强烈反响。至此,利亚德第一个拉开了LED显示屏全彩的序幕,并开始以技术实力领跑行业创新。

随后,国内企业从几家发展成几十家,从年产值几千万发展到几亿元,应用场景拓展至体育、机场、铁路车站、公路交通、商业广告、邮电电信等诸多户外领域,LED显示屏一跃成为高科技产业,利亚德则花了三年时间占领了国内70%全彩市场。

#### 【案例】

1999年国庆50周年庆典,一辆写着“科学技术是第一生产力”的彩车驶过天安门广场,车上所载的国内首例异型户外全彩LED屏就是利亚德制造的。



2008年北京奥运会开幕式中,利亚德所打造的梦幻五环、巨型LED地屏画卷、地球影像等视效呈现,惊艳了世界,铸就永恒的经典。



#### 3.3.2 第二次技术创新：小间距破壊而出, 中国品牌主宰的 LED 显示屏产业

把时间的进度条拉到2010年。此时的欧美企业已经逐渐退出LED显示屏制造,而利亚德依靠自主创新和开放合作,以“1个明确目标+1000多次试验+6年研发历程+3个强劲同盟”的模式,成功研发出全球首台2.5mm小间距高清LED电视面板,轰动业界的同时,从此全球产业步入了小间距LED显示屏时代。

至此,LED显示的应用场景开始由户外向室内拓展,此后几年一往无前,利亚德带领国产LED显示屏品牌,一同步入高速发展阶段。2018年利亚德率先研发出变革LED显示产品的Supersafe技术,并推出全球最小间距的MiniLED。同年获得全球首张LED显示屏低蓝光认证。

历经八年时间,世界LED显示屏营收前七厂商均全部来自中国,七家厂商的总营收占据全球近40%市场份额,堪称中国LED显示屏的屠榜史。而中国也从此成为当之无愧的LED显示屏技术与市场主宰第一国。

而根据行家说产业研究中心数据统计,2019年,全球LED显示屏市场规模为452亿元,放眼全球,显示屏市场营收排名前6中,也仅1个席位非国产品牌,且小间距LED销售占比已经接近40%,高度集中于利亚德等中国龙头厂商手中。

#### 【案例】

2010年凭借原创技术成功研发出全球首台P2.5小间距高清LED电视,引领LED小间距时代到来。2011年小间距产品在宝马总部首次使用,正式开启小间距产品全球热销。





### 3.3.3 第三次技术创新：激活产业,全面推进 Micro LED 产业化进程

经过二十多年的成长，不论是制造实力，还是整体体量，中国 LED 显示屏行业都站在了世界第一的位置。但从利亚德研发出小间距技术开始，中国 LED 显示屏厂商的野心已经露出端倪——不满足于规模上的较量，他们看中的，是技术上的主宰。然而，Micro LED 诞生后给予人类的想象空间，已不同于十年前，当时看不上 LED 显示屏体量的国际大厂——三星、索尼、LG 等国际实力大牌，这一次都将成为角逐 Micro LED 市场的强有力对手。

从 1999 年到 2019 年，Micro LED 的创新之旅历经 20 载，但基本属于束之高阁的神秘黑科技，直到 2019 年，全球新型显示产业才进入了关键时期，Micro LED 终于走在了商业化的门口。

这一次，作为国产品牌领头羊，利亚德依然提前布局。

2016 年，Micro LED 在全球掀起研究热潮。利亚德在彼时组建实验室立项研发 Micro LED 显示技术。历经 3 年的研究，2019 年 1 月，利亚德首次对外发布了 Micro LED 技术最新研发成果，并展出已可量产的 0.9mm 点间距的 Micro LED 产品，该款产品采用利亚德成熟的 Micro LED 巨量转移技术，是当时市场上可量产的最小间距 Micro LED 显示产品。

2020 年 3 月，利亚德与台湾 LED 芯片 NO.1——晶电成立合资公司，强强联合打造全球首家 Mini /Micro LED 显示大规模量产基地，打破传统产业链分工，在技术与市场层面形成更为紧密的阵营。这一优势资源互补的合作，降低了新技术巨大投入背景下的投资风险，也拉开了 LED 显示垂直整合的新序幕。

2020 年 7 月 15 日利亚德召开 Micro LED 显示产品上市发布会，其中面向全球首发的（P0.4）40 英寸 2k 产品，是目前全球范围内可量产的 Micro LED 标准化商用显示产品。

2020 年 10 月 29 日，Micro LED 量产基地按计划如期落成投产。

从实验室立项到规模化量产，从推出标准化 LED 产品到 Micro LED 量产基地正式投产，利亚德再次用实际行动，加速推进 Micro LED 在大尺寸商用显示领域落地应用，以及 Micro LED 显示产业化进程。

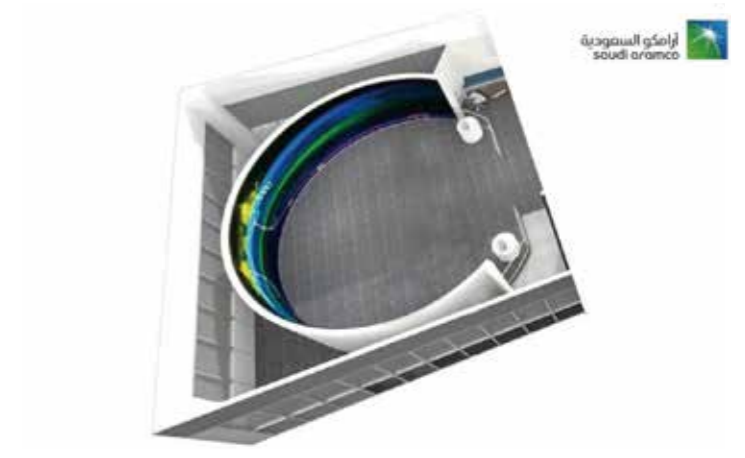
## 【案例】

近日，利亚德中标国家能源集团生产运营协同调度信息化系统项目（又称基石项目）。其中，一层指挥调度中心大屏采用 P0.9 Micro LED 显示屏，面积 215.865m<sup>2</sup>（宽 49.2mx 高 4.3875m），二层东西两侧会议室采用两块 P0.7 Micro LED 显示屏，每块面积均为 5.67m<sup>2</sup>（宽 4.2mx 高 1.35m），项目总面积达 227m<sup>2</sup>，是目前全球应用面积最大的单体 Micro LED 显示项目。

该项目将采用利亚德全球首发的 67 英寸 2k(P0.7)与 81 英寸 2k(P0.9)Micro LED 标准化商显产品，建成后的 216m<sup>2</sup> 的 P0.9 Micro LED 显示屏，将达到 30 个 4k 分辨率，接近 2.5 亿像素；而两块 5.67m<sup>2</sup> 的 P0.7 Micro LED 显示屏，每块由 2 个 4K 分辨率组成，其超高清画质将带来无与伦比的视觉体验。

利亚德与世界最大石油生产公司——沙特阿拉伯国家石油公司达成合作，为其打造世界首款弧形 Micro LED 显示屏。

这块总面积达 113m<sup>2</sup> 的 Micro LED（P0.9）弧形屏，采用利亚德 TXC 系列 Mico LED 产品。该组产品包括一块 240°弧度曲面屏，半径 5.5 米，由宽 23.3 米，高 3.2 米 Micro LED 拼接而成（分辨率：25920 x 3360 像素）；两块 43°弧度曲面屏，半径 14.5 米，由宽 10.8 米，高 2.02 米 Micro LED 拼接而成（分辨率：11520 x 2160 像素）。



## 3.4 利亚德推动 LED 显示产业进入 MicroLED 时代

### 3.4.1 利亚德 Micro LED 显示技术开发背景

近年来，LED 显示技术快速发展，0.7mm 间距的显示产品于 2014 年问世。此后，小间距 LED 显示行业似乎没有重大突破，国内小间距 LED 企业陷入同质化竞争；2016 年 6 月，索尼在美国 Infocomm 展发布了将 Micro LED 元件作为像素使用的 CLEDIS 显示屏，其高对比度及均匀一致的显示效果得到业界高度褒奖；2014 年，苹果收购 Micro LED 初创公司 LUXVUE，该公司一直致力研究并布局 Micro LED 技术，据称苹果有望在接下来的穿戴产品中应用 Micro LED 显示屏。国际巨头的研究及重视，点燃了显示行业从事 Micro LED 显示研究的热情。

有研究机构认为 Micro LED 的应用有可能会对显示屏产业带来又一次创新，并称其为继 OLED 后的下一代显示技术。然而，因为 Micro LED 尺寸很小，传统 LED 制程效率和精度不再适用，亟需开发诸如巨量转移技术、检测技术、修复技术等以适应 Micro LED 应用需求，本质上讲，Micro LED 是一种复杂的显示技术，且产业链上下游各司其职，从业者的专业领域有着相当大的差异性，需要摒除各方主见，通力合作，共同跨越技术阻碍，当然也需要投入充足的资金、人力与时间。

作为全球领先的 LED 小间距企业，利亚德深耕 LED 显示行业 25 年，最早提出并实现小间距 LED 显示产品，在驱动技术和方案方面积累了丰富的技术和经验，是全球小间距 LED 显示的龙头企业。

Micro LED 显示概念被提出后，利亚德积极致力于该技术的研发，累积了几十项驱动技术、Micro LED 工艺技术核心发明专利和国际专利。在研发过程中，我们认识到，在现阶段，高良率高精度转移设备尚未成熟、Micro LED 的检测和返修技术仍在发展中，要实现 COB 形式的 Micro LED，尚存在一定困难。而在利亚德的主营业务——大尺寸显示屏中应用 Micro LED，必须满足两个关键因素，即色彩的均匀性和维修便利性。

与小尺寸应用不同，大尺寸 LED 显示屏面积通常达到数十平米甚至上百平米，这对显示画面的均匀性提出一定的挑战，但现阶段 COB 形式的 Micro LED 很难进行检测分 BIN，限制了其在大屏幕中的应用。

因此，我们认为，当前工艺技术条件下，Micro LED 在小间距 LED 显示屏上的应用更适合采用封装体形式，以便实施检测及分 BIN 及混装贴片，实现小间距显示屏的色彩均匀性和可维护性。



### 3.4.2 利亚德 Micro LED 显示技术和产品优势

基于上述背景，利亚德和国际领先的 LED 芯片企业晶元光电合作。由晶电提供 Micro LED 芯片，双方共同开发高质量的 Micro LED 巨量转移技术，而利亚德提供先进的自发光驱动技术、显示方案和成熟的产线工艺，双方发挥各自优势，共同推进 Micro LED 显示屏的产业化进程。

目前，利亚德已实现 p0.4 的 Micro LED 显示屏的量产，并不断通过提升产品良率降低成本；相比市面上传统小间距产品和 Mini 产品，利亚德 Micro LED 显示具有如下优势：

#### ◆ 高性价比：

利亚德目前采用的 Micro LED 芯片尺寸为<100μm (89\*150μm, P0.4 芯片尺寸更小)，该芯片性能上可与其它厂家的 100\*200μm 抗衡，得益于尺寸上的优势，利亚德可实现市面上像素密度最高的 Micro LED 量产产品，有效节约了各种材料成本，提升终端产品性价比，因 LED 芯片所占面积较小，固产品对比度得到极大提升。

#### ◆ 更佳画质：

现有功耗不变的情况下，屏幕亮度轻松达到 2000nit，半功率视角 170°以上，结合独有的表面黑化技术和 HDR 控制技术，实现超高对比度和真 HDR 显示效果。凭借利亚德多年对小间距视频处理算法的理解和优化，屏幕低灰局部细节的显示效果也得到极大地提升。

#### ◆ 更低功耗：

采用自主知识产权的共阴节能技术，设计先进的 IC 驱动技术，将恒流芯片、MOS 和电阻集成，提高了芯片集成度和效率，降低了功耗。相较于采用传统驱动 IC 的产品，新 IC 的节能效果在越小的产品间距中越明显，当屏幕进入深度睡眠模式后，面板功耗可降至 0.4W/2k 分辨率。

#### ◆ 高可靠性

利亚德 Micro LED 产品内部无焊线，LED 直接与基板 PAD 连接，有效减少散热通道，增加散热面积，屏体温度降低 10% 以上，最大限度减少了瞎灯、亮线、暗线等故障，充分保障了产品运行时的稳定性。同时，多焊盘设计使像素推力得到有效增强，极大地降低了因外力因素导致的不良，提高了产品的可靠性。

### 3.4.3 利亚德 Micro LED 显示专利成果及核心技术

利亚德始终坚持在产品研发和应用中的技术创新和技术成果的专利化，以推进科技成果产业化。截止目前，利亚德在 Micro LED 领域，累计授权专利（含申请中）60 项，其中国际专利 25 项，发明专利 46 项，实用新型 14 项。

国内专利				国际专利		合计
授权专利		申请中专利		授权专利	申请中专利	
发明专利	实用新型	发明专利	实用新型	发明专利	发明专利	
11	13	10	1	18	7	60

#### 3.4.3.1 利亚德自主知识产权的驱动芯片技术

2019 年 3 月，利亚德联合国际知名面板驱动厂家开发新一代 Micro LED 驱动芯片；2020 年 5 月，驱动芯片研制成功并进行了小批量生产验证，技术水平国际领先，目前已应用于利亚德实现量产的系列 Micro LED 商显产品中。

那么，利亚德自主研发的 Micro LED 驱动芯片有哪些突出优势？

其一，高质量显示效果，充分发挥 Micro LED 的性能。该款驱动芯片采用了“16bit+9bit”处理模式，支持 DCI-P3，实现 HDR2.0，颜色处理能力理论上可达 370 万亿亿（2 的 75 次方），对比度提高 2 倍。

其二，降低功耗，节能环保。该款驱动芯片采用利亚德自主知识产权的共阴节能技术，对 R/G/B 三基色 LED 使用不同的电压驱动，使 Micro LED 显示单元在功耗、封装、散热上取得明显进步。与传统芯片相比，产品的最大亮度功耗节省 40%，平均功耗节省 50%，黑屏功耗节省 50%。

其三，实现产品的高度集成。通过独有的技术，外部连接电阻和电容即能驱动 LED，在微电流条件下，使得 Micro LED 发光更均匀，低灰无闪烁，色彩过渡更平滑。同时，单颗芯片可控更多像素，从减少了芯片用量，降低了芯片发热量及整个显示系统的温升。在高度集成的状态下，可以支持小至 0.4 间距的 Micro LED 的显示驱动。

此外，通过与 Micro LED 封装集成，可以实现标准模组化的显示单元，也为 Micro LED 的推广应用开创新的方向。

其四，支持深度休眠模式。使用该款驱动芯片的面板功耗可低至 0.4W/2K 分辨率，是通用恒流 IC 标准节能模式面板功耗的 1/200（2K 分辨率）。

### 3.4.3.2 利亚德自主知识产权的共阴技术

利亚德创新设计驱动电路，成功收获自有知识产权驱动技术专利，从源头降低驱动 IC 功耗，大幅降低了高密度全彩 LED 显示屏的整体使用功耗。

LED 驱动电路中驱动 IC 是驱动高清 LED 电视产品大量 LED 发光的关键器件。由于其本身的功耗始终存在，因此有效控制驱动 IC 的功耗，是高密度 LED 显示屏节能的关键。采用精准电压控制技术，通过分析 R、G、B 三基色光电特性，将 LED 芯片供电器件集中封装再一个转换电路内，并对驱动芯片进行精准电压控制，使得产品功耗显著降低。

表 9: 共阴 / 共阳技术的差异及共阴技术优势

差异	共阴技术	共阳技术
供电方向	共阴 LED 显示屏电流先经过灯珠再到 IC 负极，正向压降低，导通内阻小	共阳 LED 显示屏电流从 PCB 板流向灯珠，RGB 灯珠统一供电，增加了电路正向压降
供电电压	共阴 LED 显示屏根据红、绿、蓝三颗芯片实际需要的电压，分开精准供电，电路损耗小，LED 显示屏工作中产生的热量相应也降低	共阳 LED 显示屏通常给红、绿、蓝灯珠高于 3.8V (比如 5V) 的电压同一供电，电量损耗大
精准供电真节能	假设共阳用 5V 电压，共阴时红色 LED 用 2.8V，其他条件不变，且红色 LED 电流再总电流占比 40%，则节省 $40\% * (5-2.8)/5=17.6\%$ 。因此共阴节能的水平大概是 17.6%-22% 之间(不及其他损耗的理想值)	
真节能带来真色彩	共阴 LED 驱动方式，可以精准的控制电压，在降低功耗的同时，更降低了发热量，LED 连续工作下波长无漂移，稳定显示真实色彩！	
真节能带来长寿命	能耗降低，从而大幅度的降低了系统的温升，有效的降低了 LED 受损概率，提高整个显示系统的稳定性和可靠性，大大延长系统寿命。	

资料来源：行家说 Talk

### 3.4.3.3 台湾晶元光电的芯片技术

台湾晶元光电创立至今已 20 余年，在成立初期便高度重视知识产权的管理与保护，不仅在自有技术的专利申请上投入了许多资源，更对外积极找寻专利，以拓展各个领域的专利数量及强度。目前晶电的专利数量 (包含获证及申请中) 已超过 5,000 件。

在晶电大量的专利布局中，最早展开的核心技术是晶电创始人于 ITRI(工业技术研究院) 时开发的 ITO 技术。发光二极管在早期发展时使用薄金属来扩散电流，但此结构有光摘出效率不佳的缺点。晶电创始人了解 ITO 具有透明性及导电性的优点，于发光二极管中采用 ITO 来增进电流扩散及提高出光效率。此外，因为 ITO 的低接触电阻特性可以作为良好的欧姆接触层，且它的光学特性也适合光场调整。晶电这项创新科技在全中国、日本、韩国、台湾及美国等地均获得专利。

晶电的另一项核心技术是接合技术。它提供了发光组件选择基板的弹性。晶电的研发团队发展出使用多种材质，例如金属、胶材及绝缘材料的接合技术，使磊晶结构不受成长基板的限制。尤其是红光 LED 是成长于不透明的基板上，当需要与蓝绿光 LED 整合时，便需要透过接合技术将红光 LED 接合在透明基板上，让多个不同色光的 LED 结构可被结合在一个共同的基板上进行混光。另外，晶电创新的胶材或绝缘材料结合可提供 LED 兼顾机械强度与透明度的透明接口，非常适合照明与 LED 显示器应用。晶电成功地获得这项技术的多国专利，包含中国、日本、韩国、台湾及美国专利。

## 3.4.4 利亚德 Micro LED 供应链优势

目前，国内 LED 显示企业全球竞争力逐步深化，已经发展出市场地位较为稳固的龙头企业。从传统显示屏到小间距，再到 Micro LED 商显需求，基于头部优势，市场供给越来越集中于龙头厂商。国内 LED 产业链发展成熟，上下游实现良好的联动，为显示厂商实现技术迭代、生产配套提供了得天独厚的产业环境。因此，显示板块的头部效应将持续深化。

### 3.4.4.1 利晶微电子——全球首个 Micro LED 量产基地正式投产

2020 年 3 月，利亚德与台湾晶元光电合资设立利晶微电子技术 (江苏) 有限公司 (以下简称“利晶”)，共同打造全球首个运用巨量转移技术实现最小尺寸 Micro LED 显示产品大规模量产的产业基地 (以下简称“量产基地”)。



利晶主要经营范围包括：研发和生产以倒装封装、巨量转移为主要生产工艺的 Mini LED 背光显示、Mini/Micro 自发光显示产品，基地建成投产后或将打破原有的产业链结构。

未来 Mini/Micro LED 显示产品主要是两方面应用：

第一个是背光产品应用。使用 Mini 芯片做笔记本电脑、LCD 面板直下式背光。直下式背光可以解决 LCD 亮度不够、色域不全问题，使全彩背光显示效果大大提升，显示效果远优于现有侧光式显示。利晶一方面在技术和产品上有优势，目前传统模式和封装仍是主流，而利晶将是第一家通过巨量转移技术量产背光模组的公司，将大幅降低产品成本；另一方面在客户资源上也有优势，会通过晶电和利亚德原有客户基础推进利晶产品销售。利晶有利亚德和晶元光电在技术产品和客户资源上的整体利用，优势很明显。

第二个应用是自发光显示模组。量产基地投产后，将主要利用利亚德的销售渠道进行自发光产品推广。随着 Mini/Micro 自发光产品成本的大幅下降，可以在做到尺寸更小、晶粒度更高的前提下，成本仍与现有显示产品差不多，那么现有很多产品都会被替换，未来空间很大。目前，市场上很多封装公司也在投资 Mini/Micro LED 生产线，晶电也开始备货加速进行 Mini/Micro 芯片生产等等，可以看到 Mini/Micro LED 技术成熟度越来越高，甚至在产品未出来前已有客户需求，因此，市场发展方向是不可逆的。

正如当年小间距电视，虽然开始其成本很高，但是随着研发和上游原材料使用方面不断加大技术投入，现在的小间距产品比原有替代产品的价格更低，这个成本降低需要一个过程，市场空间会随着成本下降越来越大，Mini/Micro 一定也会走出小间距这样的成本下降、市场空间逐步打开的势头，且其未来潜在市场比小间距市场规模有几倍 / 几何倍数的扩大。

Mini 和 Micro 新技术正逐步成为显示的未来，市场空间指日可待，一旦 Micro 巨量转移技术成熟，其市场空间将被逐步打开。特别是随着这些新型显示技术的日趋成熟，将为 LED 显示终端的应用提供更多的选择。

2020 年 10 月 29 日，利晶已经按照规划正式开始一期投产，预计 2021 年实现批量生产。届时，产值将大幅提升，之后公司也将进一步加大投入做好 Mini/Micro LED 显示技术的研发。

### 3.4.5 利亚德推动 Micro LED 产业化进程

2020 年 7 月 15 日下午，利亚德在集团总部召开 Micro LED 商显产品上市发布会，通过线上直播，面向全球发布 40 英寸 2k（P0.4）、54 英寸 2k（P0.6）、67 英寸 2k（P0.7）、81 英寸 2k（P0.9）四款量产 Micro LED 商用显示产品，以实际行动引领 Micro LED 的产业化进程，同时也标志着 Micro LED 显示新时代正式到来。

表 10：利亚德 Micro LED 商显产品与全球现有其他品牌对比

维 度	利亚德	韩国三星	日本索尼
产品形态	Micro	Mini	Micro
量产点间距	0.4/0.6/0.7/0.9	0.8/1.2/1.6	1.2
最大亮度	2000nit	1600nit	1000nit
4K 尺寸	81 英寸	146 英寸	219 英寸
产品价格	远低于其他品牌价格	292 万	658 万
平均功耗	1100W	1232W	7200W
重量	20.7kg	32.2kg	54.6kg
屏幕厚度	20mm	72.5mm	100mm
维护方式	前 / 后	前	后

不同于十年前 LED 小间距产品的横空出世，此番，利亚德推出的多尺寸、标准化、规模量产的 Micro LED 显示产品，在众望所归中正式推向市场并实现落地应用。

发布会上，利亚德首次发布了 0.4 间距超高清 Micro LED 商用显示屏。该款产品采用了目前市场上应用级别最小尺寸的芯片，目前可实现 81 英寸 4K，162 英寸 8K 两种规格。

该产品应用全倒装芯片技术，避免电极对光线的遮挡，最大限度提高了芯片的出光面积和出光效率。目前，产品亮度可达到 2500nit，对比度高达 20000:1，实现 HDR2.0 显示，画面质量更加出色。

目前，此款产品是全球可量产的清晰度最高的 Micro LED 商显产品，也代表着 Micro LED 大尺寸商显产品的未来。

至此，利亚德 Micro LED 商用显示率先实现 P0.4、P0.6、P0.7、P0.9 全间距全尺寸产品的全覆盖，也在行业率先实现商显产品标准化。我们相信，随着利亚德 Micro LED 产品商用落地的开始，将彻底终结传统 DLP、液晶拼接、投影融合等传统显示产品应用；这标志着 LED 显示市场将跨越 COB 与 Mini LED，正式进入 Micro LED 一统天下显示新时代。

接下来，利亚德 Micro LED 显示大屏，将在高端会议室市场，机场、车站、展览展示、政府部门、营业厅等高端显示市场，文化、体育、娱乐市场等实现广泛应用。特别是随着新基建和 5G+8K 应用的到来，利亚德 Micro LED 将更广泛的应用于电影院线、家庭影院等民用 / 家用市场。

#### 3.4.4.2 Saphlux 已实现 4 英寸半极性氮化镓晶圆的量产

2017 年 2 月利亚德光电股份有限公司（以下简称“公司”或者“利亚德”）全资子公司利亚德（香港）有限公司（以下简称“利亚德香港”）与 LED 芯片材料公司 SAPHLUX,INC.（以下简称“Saphlux”）签署了《股权认购协议》，利亚德香港出资 350 万美元（折合人民币约 2403 万元）认购了 SAPHLUX 公司 1,501,220 股 AA 级优先股，占 SAPHLUX 公司总股本的 14%。

Saphlux 成立于 2014 年，主要研发生产半极性氮化镓发光二极管。Saphlux 特有的选择性生长技术，可以在蓝宝石衬底上直接生长特定晶向的半极性 GaN 材料，获得与传统 C 面 GaN 成本近似的半极性 GaN，是国际上唯一能够商业化半极性 GaN 材料的公司。

目前，Saphlux 已积累两项全球领先的第三代半导体技术：半极性氮化镓材料以及 NPQD（纳米孔量子点）Micro LED。

2018 年，Saphlux 已经实现 4 英寸半极性氮化镓晶圆的量产，并销往日本、韩国、美国等众多第三代半导体企业和研究机构，应用领域覆盖半导体激光器、AR/VR 用 Micro LED、光通讯、功率半导体等。

NPQD Micro LED 则是 Saphlux 在 2019 年发布的一项技术。据 Saphlux 方面介绍，NPQD 是指基于纳米孔结构（Nanopores）的量子点（Quantum Dot）色彩转换技术。纳米孔具有独特的散射效应，能够大幅增加有效光径，提高光转换效率并能大幅增加量子点的可靠性。

通过这种技术，Saphlux 开发了全球首款基于纳米孔 GaN 材料（NPQD）的高效率量子点色彩转换 Micro LED，解决了 Micro LED 中的红光效率、色彩、成本三项关键问题。

其中在红光效率问题上，四元结构的红光 Micro LED 尺寸的减小会导致缺陷密度增加、侧壁效应等问题，使得效率下降，且非常容易受到热量影响而发生效率及波长的变化。

通过 NPQD 技术的高效率、高可靠性的红光转换，Saphlux 团队使用高效的蓝光 Micro LED 来激发红光，成功将其光效提高至 2-3 倍，大幅提高了 Micro LED 屏幕的效率。

在色彩问题上，由于晶圆材料在生长中的温度分布等问题，绿光及红光 LED 晶圆波长存在着较大的不均匀性。此前，传统 LED 芯片需要经过分选环节，保证整块屏幕的芯片出光波长一致，而 Micro LED 尺寸小于 100 微米，分选成本极高或几乎无法分选。而 NPQD Micro LED 采用量子点技术，整晶圆的波长差异小于 1 纳米，无需经过分选。

在成本问题上，Saphlux 团队将红、蓝、绿 NPQD Micro LED 集成到同一芯片，实现了在 100 多微米的 Mini 芯片上集成三颗 Micro LED，大幅地降低了芯片成本，并突破了巨量转移的限制，可使用现有的 SMT 方式制备 Micro LED 屏幕，一次性解决转移、修复、检测等关键问题。

由于红光制备的成本以及分选成本低，Saphlux 通过 NPQD Micro LED 技术可将 Micro LED 的整体成本降低 10 倍，真正提升 Micro LED 市场竞争力。

多年来，利亚德与 Saphlux 始终保持深度合作，共同推进全球首款 NPQDMicro LED 显示屏开发。



## 四 . MicroLED 显示技术的应用场景探索

任何技术和产品的出现都不是凭空产生的，是市场需求使然。

正如当年的小间距显示产品。虽然开始其成本很高，但是随着研发和上游原材料使用方面不断加大技术投入，现在的小间距产品比原有替代产品的价格更低。这个成本降低需要一个过程，市场空间会随着成本下降越来越大，Mini/Micro LED 显示产品一定也会走出小间距这样的成本下降、市场空间逐步打开的势头，且其未来潜在市场比小间距市场规模有几倍甚至几何倍数的扩大。

表 11: Micro LED 显示技术的应用场景

产品	领域	产品	应用	市场规模
Mini LED	自发光	RGB 封装体; 单灯或 Nin1	小间距市场	由于 MiniLED 尺寸小, 价格低, 逐步提到传统晶片尺寸, 进入小间距封装领域
Mini LED	背光	单色封装体	替代传统的 LED 背光源, 最先可应用在 PC 背光、电脑显示器	单纯从背光材料成本来看, 预计 2021 年市场开始正式接纳 Mini LED 背光产品, 有报告称, 2022 年在 PC 与电脑显示方面, 仅 MINI 晶片销售额将达 3 亿美元, 背光模组将达 10 亿美元
Micro LED	背光	单色封装体	替代传统的 LED 背光源, 高端 PAD、汽车显示器等	2020 年, 高端 PAD 首先采用 Mini LED 进行试产, 2021 年预计芯片销售额达 1 亿美元, 背光模组达 2-3 亿美元。2022 年汽车显示器将会采用 Mini led 作为背光方案, 预计总量也将在 10 亿美元左右
Micro LED	自发光	RGB 封装体; COB; COG	替代传统显示器, 最先替代小间距产品、之后是 TV 类大尺寸电视, 逐步到更小尺寸	Micro LED 市场规模行业内有很多数据, 可见下方

资料来源: 巨视显示, 长江证券研究所

### 4.1 Mini /Micro LED 背光应用

#### 4.1.1 多元化背光应用前景广阔

LED 背光源应用是 LED 下游市场重要组成部分, 过去曾是 LED 行业高速发展的主要推动力, 具体主要包括手机背光、液晶电视背光、笔电背光、显示器背光等。2010-2013 年, 在海兹定律驱动下, LED 亮度提升、价格下降, LED 背光渗透率迅速提升, 市场规模扩大。2013 年 LED 背光市场出现顶峰, 达到 50 亿美元左右市场规模。2013 年后 LED 背光出现饱和, 且由于产能周期导致低价化严重, 市场规模大幅下滑。加之 OLED 以及小间距 LED 对 LED 背光产生替代效应, LED 背光市场逐步萎缩。但 2018 年下半年, 随着 Mini/Micro LED 背光领域 商业化进程加速, 助推 LED 背光市场规模回暖。

目前, 电竞高端显示器、笔记本电脑、高端平板显示、车载显示、LCD 电视, Mini LED 背光技术大举渗透。

2019 年下半年, Mini LED 首先应用到了电竞显示器和电视领域 2020 年开始, 苹果屡传要在中尺寸产品上导入 Mini LED (背光) 显示器, 这些应用都有利于 Mini LED 加速渗透, 带动整体 Mini LED 产业链发展。





在不同产品应用端，Mini LED 背光显示优势明显：

- a、针对 LCD 电视产品对高亮、高对比度，宽色域，低功耗的需求，全倒装 Mini LED 显示做背光可实现高分区动态调光，减少光晕效应，提高对比度的同时更节能，结合量子点薄膜能实现 DCI-P3 色域。
- b、针对电竞等高端显示器高亮、高刷、高对比度和低曲率半径的要求，可将 Mini LED 背光和柔性基板技术结合，满足低曲率半径的同时实现薄型化直下式 Mini LED 背光，提供完美沉浸感。
- c、由于 Mini LED 背光的轻薄特性，其在笔电、平板等领域也将有较大发展空间。
- d、在车载显示领域，Mini LED 可解决普通显示屏亮度缺陷及 OLED 的可靠性短板，亦可实现曲面显示。

表 12：分应用领域 Mini LED 背光渗透率预测

应用领域	2019E	2020E	2021E
汽车销量预测（万辆）	9,800	9,900	10,000
Mini LED 背光渗透率	0.50%	5.00%	10.00%
单个背光板用 Mini LED 芯片颗数	15,000	15,000	15,000
车载市场 Mini LED 对应 2 寸片数量（万片）	29.26	295.58	597.13
电竞显示器销量预测（万台）	800	1,200	1,500
Mini LED 背光渗透率	5.00%	15.00%	30.00%
单个背光板用 Mini LED 芯片颗数	15,000	15,000	15,000
电竞显示市场 Mini LED 对应 2 寸片数量（万片）	23.89	107.48	268.71
60 寸以上电视销量预测（万台）	2,500	3,000	3,600
Mini LED 背光渗透率	2.00%	5.00%	15.00%
单个背光板用 Mini LED 芯片颗数	25,000	25,000	25,000
60 寸以上电视市场 Mini LED 对应 2 寸片数量（万片）	49.76	149.28	537.42
Mini LED 背光需求量预测（万片）	102.91	552.35	1403.26

资料来源：LEDinside，长江证券研究院

## 4.1.2 Mini LED 背光已开始具备市场竞争力

随着市场对于产品显示性能要求逐步提升，传统液晶显示技术受像素密度、对比度、色域等方面限制，在不同尺寸、不同应用领域分别受到 OLED、量子点、小间距 LED 技术冲击。

直下式背光 Mini LED 具备高分辨率、HDR、寿命长、高发光效率、高可靠性等优点，可应用于手机、电视、汽车等笔电及液晶面板的背光源。同时，RGB Mini LED 显示产品采用倒装 COB 或 IMD 技术，克服了正装 SMD 封装的打线、可靠性、像素颗粒化等缺陷，为像素间距进一步微缩化提供技术条件，显示产品具备更高分辨率、低亮高灰等优点，且搭配柔性基板可实现柔性显示；随着 Mini LED 显示屏量产，有望在室内大尺寸显示屏率先发力。作为 Micro LED 的前哨站，Mini LED 市场自 2018 年下半年起向显示和背光市场渗透。

据 LEDinside 研究报告预测，下一代 Mini LED 背光技术将是各家厂商的开发重点，预估至 2023 年 Mini LED 市场规模达 10 亿美元。Yole Research 数据显示，全球 Mini LED 显示设备将从 2019 年的 324 万台增长至 2023 年的 8070 万台，年复合增长率高达 90%。

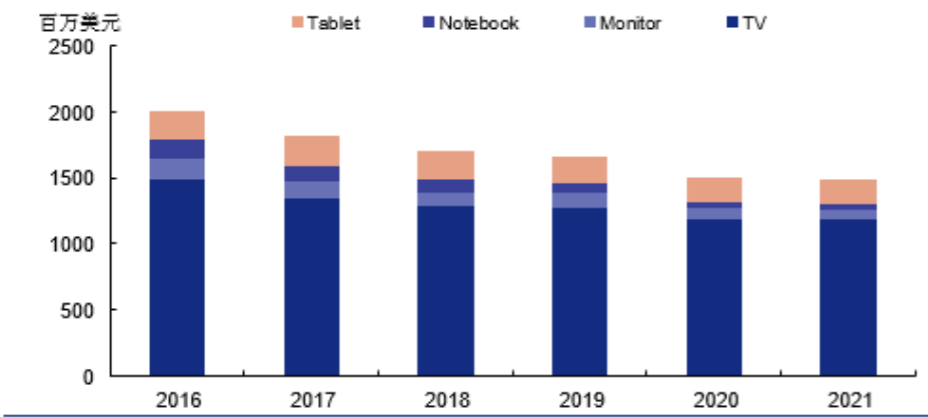
### 4.1.2.1 平板市场

苹果在近两年发布一系列 Mini LED 系列产品，能够有效提高 Mini LED 渗透率，带动产业链中上游发展。2019 年发布 Mini LED 背光的显示器后，根据集邦咨询新闻，苹果预计在 2021 年第一季推出 12.9 寸 Mini LED 背光 iPad Pro，同时计划在 2021 年底前发布六款 Mini LED 产品，包括 14 英寸和 16 英寸的 MacBook Pro，27 英寸的 iMac Pro 和 12.9 英寸的 iPad mini。苹果产品发布后，其他厂商也会紧跟步伐，发展 Mini LED 的产品。目前来看，晶电的芯片具有均一性、高性价比，是苹果的首选，未来随着 Mini LED 芯片需求增长和规格要求的提升，会催生更多供应商加入产业链，推动整体产业链迅速发展。

### 4.1.2.2 电视背光市场

2004 年，索尼率先推出大尺寸 LED 背光液晶电视。2009 年 LED 背光切入小笔电市场取代 CCFL 作为 LCD 背光源。2009 年侧入式及 2012 年直下式 LED 背光推出使得 LED 与 CCFL 背光价格差距大幅缩小，LED 背光市场迅速成长。2015 年电视、电脑等 LED 渗透接近饱和，且近年来受到 OLED 技术侵蚀，因此中大尺寸 LED 背光市场逐渐萎缩。但随着消费者对更佳视觉体验的追求愈发强烈，中大尺寸显示不断向高分辨率、高对比度、广色域及 HDR 方向发展，从而产生技术替代需求。2019 年 6 月，苹果发布搭载 mini LED 背光技术的 6K Pro Display XDR 专业级显示器，售价 4999 美元。2019 年 10 月，TCL 推出 Mini LED 背光的 8 系列 4K 电视，其中 75 英寸拥有包括 25,000 多个独立的 Mini LED 灯珠，售价方面 65 英寸为 1999 美元，75 英寸为 2999 美元，作为采用 min-LED 技术的电视，其成本大大低于三星同期推出的 Micro LED 电视。2019 年 11 月，京东方展示多款 Mini LED 显示产品样品，预计 2021 年实现玻璃基板 Mini LED 产品的量产。2020 年，小米推出 Mini 电视显示方面，消费者对于电视显示性能、视觉效果要求不断提高，从分辨率角度而言，目前 4K 电视已占据市场主流，并逐步向 8K 显示过渡。随着 CRT、等离子 TV 逐步淘汰，凭借良好的显示性能及突出的成本优势，目前 LCD 液晶电视仍然占据电视市场绝对主导地位。电视尺寸方面，随着消费者生活水平提高，大尺寸电视市占率逐渐提升，电视出货平均尺寸也在不断上升。

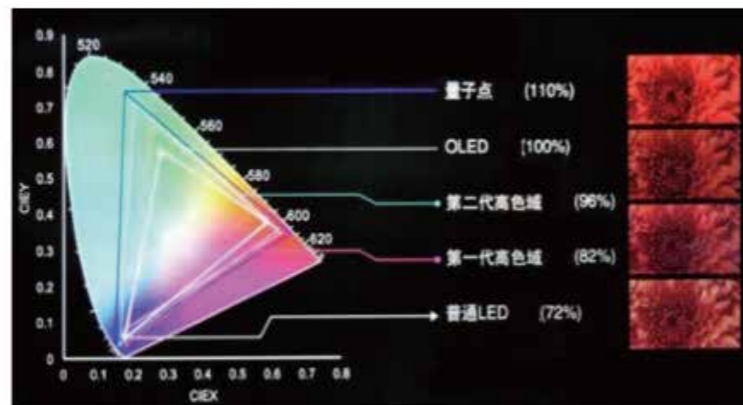
中大尺寸显示 LED 背光产值



资料来源: LEDinside

电视显示方面, 消费者对于电视显示性能、视觉效果要求不断提高, 从分辨率角度而言, 目前 4K 电视已占据市场主流, 并逐步向 8K 显示过渡。随着 CRT、等离子 TV 逐步淘汰, 凭借良好的显示性能及突出的成本优势, 目前 LCD 液晶电视仍然占据电视市场绝对主导地位。电视尺寸方面, 随着消费者生活水平提高, 大尺寸电视市占率逐渐提升, 电视出货平均尺寸也在不断上升。

凭借高对比度、广色域、微秒级反应速度、柔性可弯曲及轻薄等优势, OLED 在电视面板市场渗透率逐渐提高。但是大尺寸 OLED 电视面临良率低问题(目前 55 英寸 UHD OLED 良率约为 60%), 阻碍其扩大面板尺寸及分辨率提高, 并导致 OLED 电视面板与 LCD 电视面板价格差异巨大。据 IHS, 55 英寸超高清解析度 OLED 电视面板的制造成本估计比 LCD 成本高 2.5 倍, 除去折旧等因素, 材料成本高出约 1.7 倍。OLED 在成本方面劣势明显, 加上全球仅有 LG Display 可大规模量产大尺寸 OLED 面板, 使得 OLED 电视渗透率增长缓慢, 据 WitsView 统计, OLED 电视 2017 年出货量 150 万台, 渗透率仅为 0.7%, 预计 2018 年出货量有望达到 240 万台, 渗透率 >1%。即使在高端电视领域, 目前也仍以 LCD 电视占据主流。由于电视 OLED 面板几乎被 LG Display 垄断, 为提高 TV 市场竞争力, 三星、海信、TCL 推出量子点电视, 但电致发光 QLED 技术现阶段无法实现, 目前仅为 QD-LCD 技术, 即在 LCD 的背光源上增加量子点薄膜(QD Film), 替代蓝光 LED 封装材料中的黄色荧光粉, 进而实现广色域(可达到 110%NTSC)、高色彩纯度的效果。凭借在色彩方面的优点以及成本更高的原因, 量子点显示技术聚焦中高端电视市场。



CNLED, 长江证券研究所(资料来源: 陆普科技官网)

但由于含镉、色域改善但综合性能提升不明显、受到 OLED 竞争压力以及参与厂商较少等问题, 且电致发光的 QLED 技术仍处于技术缝隙期, QD-LCD TV 市场渗透缓慢。

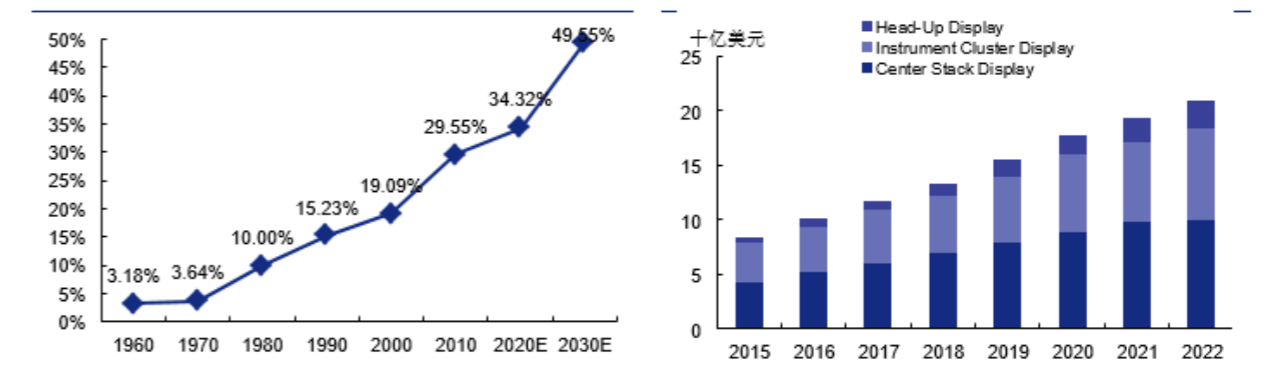
随着 Mini LED 的出现并逐步进入量产阶段, Mini LED BLU 有望在高端电视领域对传统 TFT LCD 构成替代, 并与 QD-LCD 及 OLED 技术展开竞争。Mini LED 采用直下式背光设计, 与传统 LED 背光 LCD 相比, Mini LED 芯片尺寸及点间距微缩化, 像素密度成倍增长, 更容易实现 4K 及以上分辨率。同时, Mini LED 背光在光分布均匀性、对比度、HDR 及轻薄等各方面优于传统 LCD。据 WitsView, 当前 OLED 电视采用全彩蒸镀材料利用率仅 20%-30% 左右且良率低下, 因此当前 OLED 电视以 WOLED 技术为主流。Mini LED 在对比度、轻薄化、广视角方面略逊色于 WOLED, 但 Mini LED 搭配 QD Film 背光, 可实现与 WOLED 相当色彩饱和度, 搭配柔性基板同样可实现高曲面背光, 且由于采用无机材料, 与 OLED 相比具有更高发光效率、更长寿命、更高可靠性及环境适应性、无“烧屏”现象, 且 Mini LED 通过区域调光实现 HDR, 提高画面明暗细腻程度。据中关村在线研究表明, 采用 Mini LED 直下式背光的电视成本将低于 OLED 20 ~ 30%。

#### 4.1.2.3 笔电、显示器及车用面板背光市场

除电视背光市场外, Mini LED 同样可应用于笔电背光、高阶显示器背光、车用面板背光等领域。在当前, 由于 OLED 自身成本、产能、“烧屏”、寿命等因素限制, 在笔电及显示器背光市场渗透率较低。Mini LED 背光在显示性能方面较传统 LED 背光优势明显, 且成本方面较 OLED 更具竞争力。据 Digitimes, 15.6 英寸笔记型电脑需要 2,000 颗左右 Mini LED, 可应用于对显示效果要求高、对价格敏感度较低的 1000 美元以上专业用笔电, 但短期内由于成本偏高难以占据笔电市场主流地位。

品牌厂商包括宏碁 Acer、华硕 ASUS、联想 Lenovo 等已经陆续在上半年推出多款搭载 Mini LED 背光显示的电竞显示器以及笔电产品。随着笔电出货成长, Mini LED 的需求也可望持续提升。

Mini LED BLU 寿命长、稳定性好, 成本低, 在车用面板市场方面潜力巨大。随着汽车智能化及功能多样化程度逐步提高, 汽车电子在汽车成本所占比重稳步提升。未来发展的车载市场主要以车内显示屏幕为主, 包括抬头显示器、仪表盘背光、后方娱乐显示器背光以及后视镜屏幕背光等。车灯也有市场, 运用 Mini RGB 显示警示讯息或其他信息。新能源汽车渗透率逐步提升, 汽车智能化、数字化要求大幅提升, 推动车载显示市场迅速发展。据 IHS Markit, TFT LCD 汽车显示器面板市场出货量预计将从 2016 年的 1.35 亿台增长到 2022 年的 2 亿台。传统车载显示屏已无法满足需求, 大尺寸显示和触控屏在车载显示中渗透率逐渐提高, 用户对于车用面板的显示性能要求逐步提高。



汽车电子占汽车成本比重逐年提升(资料来源: 智研咨询)

全球车载显示市场规模(资料来源: IHS)

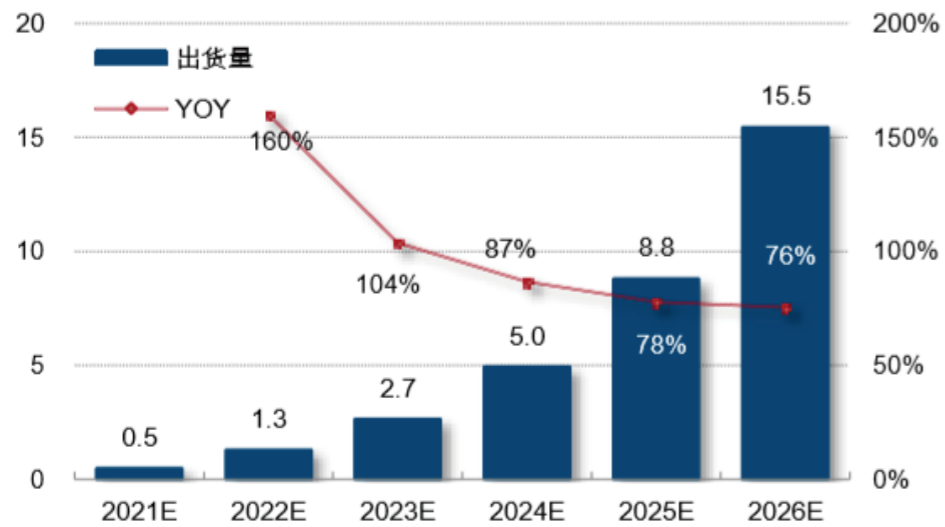
当前采用 TFT LCD 显示仍然在全球车载显示屏占据主要地位，OLED 技术由于在对比度、响应速度、可视角度、柔性显示以及轻松实现广色域等方面优于 LCD，近年来渗透率不断提高；但高成本、可靠性较差、寿命偏短等问题成为 OLED 进一步替代 LCD 的制约因素。

Mini LED 搭配柔性基板可实现高曲面背光及异形显示，并在亮度、可靠性、高低温环境适应能力、寿命以及产品经济性等方面相对 OLED 占据显著优势。群创 2018CES 展出 10.1 英寸 AM Mini LED 直下式车用背光显示技术，通过精准电流调控，使得屏幕亮态画面下亮度达到 1000nits 以上，在阳光照射下仍清晰可视；而暗态画面下亮度接近于 0，实现与 OLED 相当的 1,000,000 : 1 高对比度，同时高温适应、寿命等方面优于 OLED。因此，Mini LED 背光有望在车用面板市场得到广泛应用，并对 OLED 及传统 LCD 构成替代。

## 4.2 Micro LED 自发光应用

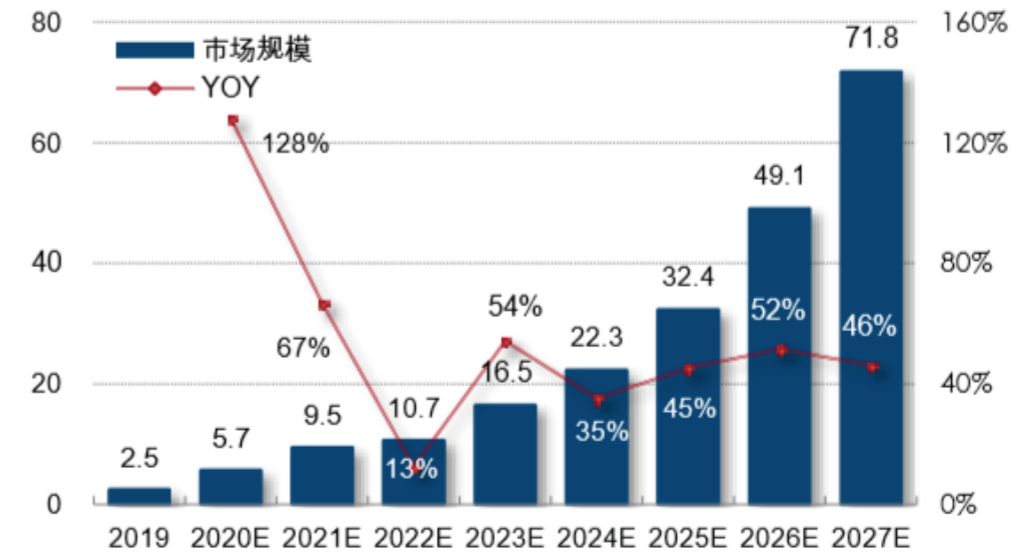
Micro LED 自发光的应用有望分为三个阶段进行。目前 Micro LED 处于应用的第一阶段，主要用于户外或公共显示的超大尺寸解决方案，这是由于 Micro LED 的拼接能力好于 LCD，且商显的价格的敏感度低，可以承受高成本；第二阶段，Micro LED 将发挥高刷新率、高对比度、极致轻薄化的特性，将应用范围可拓展至 AR、VR 等特定应用领域；第三阶段，Micro LED 将开始渗透电视等大众消费型电子市场。

2021-2026 年全球 Micro LED 显示器出货量（单位：百万台）



资料来源：IHS, 长江证券研究所

2019-2027 年全球 Micro LED 市场规模（单位：十亿美元）



资料来源：OLED-info, 长江证券研究所

### 4.2.1 大尺寸商用显示

近年来，由于超高清电视的普及和 8K 电视的逐渐推广，对 LED 显示屏也提出了更高解析度的需求，传统的 LED 显示屏采用普通正装 LED 及单像素封装的形式，目前其主要应用在像素间距大于 1mm 以上的显示产品中。正装 LED 芯片面积、焊线距离和封装尺寸等因素，限制了传统方案在 p1.0 以下显示产品中的应用，这为 Micro LED 提供了广阔的应用空间。

Micro LED 显示的出现，在一定程度上是对传统应用市场的更新升级，此外，其在新兴市场的开拓方面也体现了极强的优势，在大尺寸商用显示领域，尤其是 100 英寸以上商用显示屏相比 LCD 有着无需背光、低功耗及抗反射眩光的优点，而传统 LCD 显示面板随着尺寸的变大，工艺难度成倍增加，良率很低。若能进一步缩小 Micro LED 尺寸，降低成本，并能实现高效的大规模装配，Micro LED 在大尺寸商用显示领域将更具价格优势，从而全面取代 LCD；另一方面，Micro LED 是自发光技术，在色彩表现力上远远优于 LCD，并能实现 DCI-P3 色域和 HDR 显示，这为 Micro LED 大尺寸商显进入家庭影院打下坚实基础。

## 4.2.2 VR/AR 显示商用

VR/AR 的快速发展推动了近眼显示的需求。目前的近眼显示系统主要采用 LCD 和 OLED 两种微型显示技术。但从显示器的技术特征来看，基于 Micro LED 的微型显示技术由于具备了更好的显示特性，具有替代 LCD 和 OLED 的可能。

### ◆ 像素密度：

VR/AR 头戴式装置要求微显示器的像素密度大于 2000PPI，而基于 TFT 的普通显示器一般小于 800PPI，而基于硅基的微显示技术基本都能够满足这一要求，Micro LED 由于驱动简单，高 PPI 的潜力更大。

### ◆ 全彩化：

OLED 的色彩能力非常优秀，LCD 的色彩能力不如 OLED。对于 Micro LED 微显示而言，目前的技术手段大多仍为单片单色，不利于 VR/AR 产品的推广，未来应向着单片全彩化的方向发展。全彩化目前是 Micro LED 微显示器的技术瓶颈。

### ◆ 响应速度：

显示器上的像素从信号发生到被点亮的时间称为响应时间。若响应时间过长则会产生拖尾效应，使人产生眩晕感，影响用户体验。LCD 的响应时间较长，具有拖影现象，OLED 和 Micro LED 都属于电流驱动，其响应时间都为微秒 / 纳秒级，更容易满足 VR/AR 的要求。

### ◆ 亮度：

VR 对亮度要求不高，500cd/m<sup>2</sup> 已经可以满足大部分应用，而 AR 设备将显示图像叠加在显示环境之上，尤其是在户外光照强度比较大的条件下，覆盖的图像要足够亮，可与环境光竞争。LCD 亮度虽然足够高，但是功耗较大。Micro LED 在亮度指标上，性能明显高于 OLED，具有较大优势，可同时适用于室内和室外场景。

### ◆ 功耗 / 光效：

对于 VR/AR 头戴式装置而言，功耗是非常重要的指标。LCD 由于采用了被动发光的技术，其发光效率低，功耗较高。OLED 和 Micro LED 的功耗一方面依赖于发光器件的光效，另一方面也依赖于驱动方式，数字驱动可以减小 Micro LED 的功耗。

### ◆ 灰阶：

目前 LCD、OLED、Micro LED 等微显示器都采用了 8 位 / 色彩的方式，即 256 级灰阶，通过采用数字化的驱动或数模混合的驱动，可以达到更高的灰阶。

### ◆ 寿命：

LCD 和 Micro LED 微显示器的寿命都远大于 OLED 微显示器的寿命。

LCD 显示经过多年发展，技术成熟，成本低廉，在 VR/AR 小尺寸显示设备中占据一部分市场。OLED 显示技术的出现使显示行业摆脱了传统 LCD 的背光源，开创了自发光显示的未来发展方向。OLED 显示具有画质优良、轻薄、功耗低、可柔性显示等优点，正在逐步代替 LCD 显示器。在相当一段时期内，LCD 和 OLED 仍将会共存于市场中。Micro LED 与 OLED 相比较有更好的颜色表现、更久的工作寿命、更高的亮度、更低的功耗等优势，更加适用于 VR/AR 头戴式近眼显示设备的应用场景。

Micro LED 在显示性能上存在各种优势，特别是在越来越多的显示企业及科研机构共同推动下，Micro LED 显示技术近年内将会有突破性进展。随着 5G 网络及工业 4.0 时代的到来，互联网 +、物联网、人工智能、VR/AR 等新技术的出现及融合，对平板显示提出了更高的要求，这必将推动平板显示技术的快速发展和更加广泛的应用。

## 4.2.3 家用电视

考虑到显示屏尺寸越小，LED 芯片尺寸越大，则 Micro LED 的生产技术难度越小，因此，在家用电视领域，我们判断 Micro LED 将率先从 LED 显示芯片尺寸最大的超大电视 (100-150 英寸) 应用开始渗透。

一方面，Micro LED 是自发光技术，在色彩表现力上不仅不逊于 OLED，同时也可以实现透明显示和柔性显示。

另一方面，Micro LED 在 50 英寸以上大尺寸显示器相比 LCD 有着无需背光模组，功耗极低以及抗反射防眩的优点，而传统 LCD 显示面板随着尺寸的变大工艺难度也会倍增，若能实现高效率的大规模装配，Micro LED 在大尺寸显示器领域将更具价格优势，从而取代 LCD。

在 8K 清晰度情况下，100 英寸 LCD 屏幕价格是 65 英寸大概 16 倍，OLED 大概是 37 倍，而 Micro LED 可以实现 11 倍左右的成本，因此 Micro LED 显示在 100 英寸以上的超大电视上对比现有的 OLED 和 LCD 产品价格提高幅度较小，同时显示效果有较大幅度提升。

此外，超大尺寸电视应用于高端电视市场，主要面向高端商业结构或高净值人群，因此这类消费群体对于价格的敏感度也比较低，这就为 Micro LED 在超大尺寸电视中的应用提供了经济基础，而超大尺寸电视因为 LED 显示芯片的尺寸较小，巨量转移的难度较低，显示器修复的成本也会比较低。



## 5.2 Micro LED 的技术趋势

### 5.2.1 LED 外延和芯片

Micro LED 作为显示应用，相对传统 LED 外延，有更严格的要求。人的眼睛非常敏感，能非常清晰的捕捉到 2nm 波长差异的颜色，因此对外延的均匀性提出更高的要求。业界普遍认为，外延的均匀性要做到 2nm 以内，此外，对衬底的翘曲率也提出一定的要求，当衬底翘曲率超过 50 $\mu\text{m}$  时，后续的光刻工艺会造成线宽卡控的困难，尤其是当 Micro LED 尺寸越来越小后，该部分尤其关键。另外，整个 Wafer 表面的缺陷和粒子也需要严格控制，对于 4 英寸片来说，不能超过 15 个缺陷和粒子。

在提高外延晶体均匀性、降低翘曲率和成本方面来讲，硅衬底具有一定的优势。蓝宝石衬底最多可以做到 6 英寸，但硅衬底可以做到 8 英寸甚至 12 英寸。波长均匀性的控制方面，由于硅衬底测温精准，相对而言可以更好的控制外延的均匀性。在芯片工艺方面，硅衬底芯片工艺不需要进行激光剥离，可以研磨腐蚀去除，做到对外延层的零损伤。因此硅衬底有望借助 Micro LED 的发展迎来更多的重视和机会。

在芯片制程方面，Micro LED 未来的发展必然是无衬底及越来越小，这一点可以从成本降低方面来推测。众所周知，对于小间距 LED 显示屏，像素成本一直占据整个系统成本的 50% 以上，而对于 p1.0 以下的显示产品，这一比例提升至 60% 以上。若使用传统 LED 实现一块 4K 屏，大概需要 RGB 各 60 片晶圆，而若采用 50\*30 $\mu\text{m}$  左右的 Micro LED，则仅需要各 4 块晶圆，假设芯片尺寸进一步缩小，这一数据则会更低，因此，未来 Micro LED 发展必然是越来越微缩的芯片，像素材料成本不再是 Micro LED 显示系统的最大组成部分。

### 5.2.2 玻璃基 Micro LED 显示

玻璃基板在 LED 中的应用，最早出现在 Mini LED 背光系统的升级中，Mini LED 背光技术带来了“更高的热量密度”，对产品散热需求更高，而传统 PCB 基板的背光模组在散热性能上存在极限，且不能无限超薄。为此，为 Mini LED 背光需寻找新的驱动背板，成为在散热、稳定性、高密度超薄集成控制等方面保持最有产品技术特性的关键；此时，玻璃基板隆重登场，因为剥离基板的核心材质与 LED 一样，都是无机半导体，二者在热效应变形系数上更为接近、玻璃自身的超薄化强度和散热能力也更强。

从 Micro LED 技术角度看，未来的像素间距已经是 P1 之下的，甚至是 P0.5 之下的。同时，Micro LED 晶体颗粒的大小会从 100 微米向 10 微米前进。在这样的趋势下，精细的大面积 PCB 产品制造越来越困难，成本越来越高。

虽然，PCB 驱动板在精细度上可以达到电脑 CPU 或者内存条等产品的“极高水平”，但是对于显示应用（无论是独立 LED 大屏，还是 LED 背光源）而言，其最大的特点却是“要使用超精细且更大面积”的 PCB 板块。——历史上的超精细 PCB 都是高价格产品小板块，Micro LED 等需要的则是具有成本优势的大面积板块。这种需求差异，决定了 PCB 在未来 Micro LED 等技术不断进步下的“应用瓶颈”。

反观玻璃基板工艺，采用半导体、光刻和先进铜工艺，可以在大面积上取得超精细的 TFT 驱动结构。如，成熟的液晶 10.5 代线玻璃基板尺寸为 3370mm $\times$ 2940mm。这么大基板上可以一次性成型像素间距小于 0.3 毫米的 TFT 驱动结构。可以说，这样的成熟的、大规模量产的技术，在满足 Mini LED 和 Micro LED 应用的背板需求时“绰绰有余”。

所以，两相对比，玻璃基板 LED 虽然是崭新工艺路线，但却是一个“上游高度成熟”的产品——至少比 PCB 板在超精细、超大板卡上更为成熟和具有规模成本与工艺成本优势。且，如果应用巨量转移技术，玻璃基板的友好性也更高——PCB 的平整度对于 50 微米以下的 Micro LED 转移，将是一个比较大的瓶颈，玻璃基板则没有这个问题。据媒体报道，此前索尼小于 30um 的 LED 晶粒尺寸移至 PCB 板的过程中，必须要先转移至一个暂时的基板，才能再次转移至 PCB 板上。

# 五 . Micro LED 显示的发展趋势

## 5.1 Micro LED 显示的机会

对于 Micro LED 技术的发展趋势，从商业化的进程来讲，我们看到了两个方向——“一大一小”。大的还是在商用显示领域，如索尼、三星、利亚德等国内外电视机厂，显示屏厂都有布局。主要优势是突破了原来的 LCD 的面积限制，进入到大屏幕商显的领域。

另外一个方向就是可穿戴设备，它的优势是要求的像素总数不是很多，可以采用较多的半导体产业的技术，相对来讲也是会比较快实现商业化的。

总的来说，Micro LED 产业，目前是创业或者说一级市场投资布局比较好的时间点，但是想要看到它真正的大规模普及，能够给企业贡献比较多的收入的话，还需要比较长的时间。

从供应链的角度，Micro LED 和现有自发光显示产业链有比较多的重合。但如果考虑到 Micro LED 会是一个交叉型的产业，那么未来玩家到底还有谁，谁会胜出，其实还是非常大的未知数。目前来看，传统的显示屏的产业，做了相当多的自发光显示技术的积累和摸索，会使得在位的显示屏厂商有一定的先发优势。但未来能不能成功，取决于企业能不能把先发优势转变成新产业赛道里面的竞争优势。

综上所述,玻璃基板 LED 将很可能是 Mini LED 和 Micro LED 技术继续进步的“绝配”:超微 LED 晶体、COB 和倒装、巨量转移、玻璃基板的 TFT 等有望组成下一代 LED 独立显示屏和新一代液晶显示背光产品进步的“四梁八栋”,为人类显示产业的极限性能带来难以思议的新境界

### 5.2.3 量子点 Micro LED 显示

Micro LED 的全彩化一直是从业人员的研究重点之一,总的来讲, Micro LED 的全彩化方案主要有 RGB LED、色彩转换和透镜合成三种方法。

RGB LED 方案因为要转移三种不同颜色的 LED,非常考验巨量转移的效率和良率。

透镜光学合成法是指通过光学棱镜(Trichroic Prism)将 RGB 三色 Micro LED 合成全彩色显示。具体方法是是将每个基色的 Micro LED 阵列分别封装在三块封装板上,并连接一块控制板与一个三色棱镜。之后可通过驱动面板来传输图片信号,调整三色 Micro LED 阵列的亮度以实现彩色化,并加上光学投影镜头实现微投影,相比 RGB LED,该方案只需要将 RGB LED 芯片分别转移,转移难度大大降低,但该系统光路复杂,很难与手机、可穿戴设备等集成,只适用于投影显示,因此使用领域较窄。

基于量子点的 Micro LED 方案,即将量子点作为色转换介质,采用蓝光或紫外 LED 激发,实现 Micro LED 全彩显示,该方案可在单芯片上实现 RGB 全彩显示,因而受到科研机构 and 行业巨头的广泛关注。三星、海信等曾相继发布 QLED 电视,但只是将量子点应用于屏幕之后,即作为 LCD 的背光应用,这是因为,量子点本身不耐热、不耐氧、且在高功率的蓝光辐射下衰退严重,因而量子点的应用条件极为苛刻,需要对其做很好的防护。在屏幕前方应用量子点作为转换介质,通常采用旋转涂布、雾状喷涂等技术将量子点涂覆于蓝光 LED 上,再进行封装以隔绝水氧,但这种方案存在的主要问题是,颜色之间的相互影响和蓝光泄漏的问题。

为解决上述量子点在屏幕前的应用问题,利亚德参股的 Saphlux 提出 NPQD(纳米孔量子点)色彩转换技术。纳米孔具有独特的散射效应,能够大幅增加有效光径,提高光转换效率并大幅提升量子点的可靠性。通过该技术,Saphlux 开发了全球首款基于纳米孔 GaN 材料的高量子点转换 Micro LED,并解决如下关键问题:

#### 红光效率问题:

四元结构的红光 Micro LED 尺寸的减小会导致缺陷密度增加、侧壁效应等问题,使得效率下降,且非常容易受到热量影响而发生效率及波长的变化。通过 NPQD 技术的高效率、高可靠性的红光转换,赛富乐斯团队使用高效的蓝光 Micro LED 来激发红光,成功将其光效提高至 2-3 倍,大幅提高了 Micro LED 屏幕的效率。

#### 色彩问题:

由于晶圆材料在生长中的温度分布等问题,绿光及红光 LED 晶圆波长存在着较大的不均匀性。因此,传统 LED 芯片在使用时需要经过分选环节,保证整块屏幕的芯片出光波长一致。而 Micro LED 的尺寸通常小于 100 微米,分选成本极高;且尺寸小于 50 微米时几乎无法分选,导致 Micro LED 屏幕存在巨大色差。而 NPQD Micro LED 采用量子点技术,整晶圆的波长差异小于 1 纳米,无需分选。

目前,Saphlux 的 NPQD Micro LED 仍在不断优化中,未来有望真正实现高效的 RGB on-one-chip。

总结全文,我们认为每一次显示技术的跃迁都是行业竞争格局的重新洗牌,因此把握显示创新的驱动因子和未来趋势具有重要意义。通过本报告的梳理,我们可以总结出显示技术发展的两点规律:画质(分辨率、色彩、响应速度、对比度等)与形态(轻薄、可挠等)决定技术替代的可行性。

消费者的这两大需求,是 LCD 替代 CRT、OLED 崛起、Micro LED 充满想象空间的核心驱动力;成本决定技术替代的渗透率。无论是 LCD 还是 LED 背光,其能够大范围的替代早期技术都基于成本的快速下降,同理,随着技术成熟,成本下降, Micro LED 技术将带来巨大的成长空间。